



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia Eletrônica

Sistema Supervisório para realização de Ensaios de Madeira em Máquinas Universais de Testes

Autor: Pedro Henrique Brito Checchia
Orientador: Prof. Dr. Gerardo Antonio Idrobo Pizo

Brasília, DF
2020



Pedro Henrique Brito Checchia

Sistema Supervisório para realização de Ensaios de Madeira em Máquinas Universais de Testes

Monografia submetida ao curso de graduação em (Curso de Engenharia Eletrônica) da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em (Curso de Engenharia Eletrônica).

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Prof. Dr. Gerardo Antonio Idrobo Pizo

Brasília, DF

2020

Pedro Henrique Brito Checchia

Sistema Supervisório para realização de Ensaaios de Madeira em Máquinas
Universais de Testes/ Pedro Henrique Brito Checchia. – Brasília, DF, 2020-
90 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Gerardo Antonio Idrobo Pizo

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA , 2020.

1. Supervisório. 2. Ensaaios. 3. Madeira I. Prof. Dr. Gerardo Antonio Idrobo
Pizo. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Sistema
Supervisório para realização de Ensaaios de Madeira em Máquinas Universais de
Testes

CDU 02:141:005.6

Pedro Henrique Brito Checchia

Sistema Supervisório para realização de Ensaios de Madeira em Máquinas Universais de Testes

Monografia submetida ao curso de graduação em (Curso de Engenharia Eletrônica) da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em (Curso de Engenharia Eletrônica).

Trabalho aprovado. Brasília, DF, 16 de Dezembro de 2020:

**Prof. Dr. Gerardo Antonio Idrobo
Pizo**
Orientador

**Prof. Dr. Evandro Leonardo Silva
Teixeira, UnB/ FGA**
Convidado 1

**Prof. Dr. Marcus Vinícius Chaffim
Costa, UnB/ FGA**
Convidado 2

Brasília, DF
2020

Resumo

O objetivo deste trabalho consiste em projetar um sistema supervisório capaz de comandar e executar tarefas relacionadas a ensaios em madeira para a máquina Instron 1127 que está em processo de Retrofit, visando a readequação da mesma às demandas do LPF, um laboratório de pesquisa ligado ao Sistema Florestal Brasileiro. A principal motivação deste trabalho é criar um sistema que seja simples para os técnicos operarem e que permita a realização pesquisas que envolvam testes mecânicos nas mais diversas espécies de madeira. Além de oferecer as ferramentas necessárias para a realização dos testes, há a preocupação de se desenvolver dispositivos de segurança dentro e fora do software para prevenir acidentes e proteger tanto os operadores quanto a máquina. O projeto foi dividido em duas partes: Software e Hardware. A primeira envolveu a programação do supervisório utilizando o software LabView, possibilitando que os testes fossem executados com precisão e gerando material de estudo na forma de relatórios em planilhas do excel. A segunda parte envolveu a montagem dos novos equipamentos eletrônicos adquiridos em um painel, a instalação de um botão de emergência e de uma contatora e, principalmente, a integração dos equipamentos eletrônicos com o software através de um protocolo de comunicação para que os dados pudessem ser medidos e passados ao supervisório. Pode-se concluir com o resultado deste projeto, que a modernização desta máquina se mostrou uma alternativa viável no sentido de evitar um alto gasto com uma máquina nova e que o sistema supervisório foi um pilar de grande importância para alcançar o resultado desejado.

Palavras-chaves: Supervisório; Madeira; Retrofit; Testes mecânicos; Modernização;

Abstract

The objective of this work is designing a supervisory system capable of commanding and executing tasks related to wood testing for the Instron 1127 machine that is in the process of retrofit, aiming to readjust it to the demands of the aiming to readjust it to the demands of the LPF, a research laboratory that belongs to the Brazilian Forest System. The main motivation of this work is creating a system that is easy to operate and allows it's operators to do researches involving mechanical tests on the most diverse species of wood. In addition to offering the necessary tools to do the tests, there is a concern to develop safety devices inside and outside the software to prevent accidents and protect both operators and the machine. The project was divided in two parts: Software and Hardware. The first one involved the supervisor programming using the LabView software, allowing the tests to be performed accurately and generating study material in the form of Excel spreadsheets. The second part involved the assembly of the new electronic equipment acquired in a panel, the installation of an emergency button and a contactor and, mainly, the integration of the electronic equipment with the software through a communication protocol so that the data could be measured and sent to the supervisory. It is concluded that the modernization of this machine was an alternative that became viable to avoid a high expense a with new test machine and the supervisory system was a pillar of great importance to achieve the expected result.

Key-words:Supervisory; Wood; Retrofit; Testing; Modernization;

Lista de ilustrações

Figura 1 – Sistema supervisorio antigo	15
Figura 2 – Instron 1127	15
Figura 3 – Exemplo de Banco de dados relacional - Projeto de Banco de Dados . .	20
Figura 4 – Níveis de protocolos de comunicação na indústria - Fonte: Redes industriais – RCBETINI	21
Figura 5 – sincronização entre processos	22
Figura 6 – Modelo produtor- consumidor com redes de Petri - Fonte:Livro Redes de Petri e Aplicações	23
Figura 7 – Flexão estática - Fonte: Supervisorio da máquina Martins Campelo (LPF)	24
Figura 8 – Exemplo de ensaio de flexão estática	25
Figura 9 – Compressão paralela - Fonte: Supervisorio da Máquina Martins Campelo (LPF)	26
Figura 10 – Exemplo de ensaio de Compressão Paralela - Fonte: Supervisorio da Máquina Martins Campelo (LPF)	27
Figura 11 – Compressão perpendicular - Fonte: supervisorio da máquina Martins Campelo (LPF)	28
Figura 12 – Exemplo de gráfico de compressão perpendicular - Fonte:Supervisorio da Máquina Martins Campelo (LPF)	29
Figura 13 – Tração paralela - Fonte: supervisorio da máquina Martins Campelo (LPF)	29
Figura 14 – Tração perpendicular - Fonte: supervisorio da máquina Martins Campelo (LPF)	30
Figura 15 – Exemplo de gráfico de tração perpendicular - Fonte:Supervisorio da Máquina Martins Campelo (LPF)	31
Figura 16 – Dureza - Fonte: Supervisorio da Máquina Martins Campelo (LPF) . . .	32
Figura 17 – Corpo de prova ensaiado por dureza - Fonte: Supervisorio da Máquina Martins Campelo (LPF)	32
Figura 18 – Gráfico de uma das faces do ensaio de dureza - Fonte: Supervisorio da Máquina Martins Campelo (LPF)	33
Figura 19 – Fendilhamento - Fonte: Supervisorio da Máquina Martins Campelo (LPF)	33
Figura 20 – Cisalhamento - Fonte: supervisorio da máquina Martins Campelo (LPF)	34
Figura 21 – Gráfico de um ensaio de cisalhamento - Fonte: Supervisorio da Máquina Martins Campelo (LPF)	34
Figura 22 – Gráfico de um ensaio de extração de prego - Fonte: Supervisorio da Máquina Martins Campelo (LPF)	35
Figura 23 – Colagem - Fonte: Supervisorio da Máquina Martins Campelo (LPF) . .	35

Figura 24 – Gráfico de um ensaio de colagem - Fonte: Supervisório da Máquina Martins Campelo (LPF)	36
Figura 25 – Diagrama de estados da Tela Login	39
Figura 26 – Diagrama de estados ta tela inicial	40
Figura 27 – Diagrama de estados da tela de Scripts	41
Figura 28 – Diagrama de estados da Tela de Cadastro de Amostras	42
Figura 29 – Diagrama de estados das funções do Ensaio	42
Figura 30 – Diagrama de estados dos Tratamentos de Dados	43
Figura 31 – Diagrama de estados das curvas de calibração	44
Figura 32 – Diagrama esquemático da parte de controle da Instron 1127	45
Figura 33 – Amplificador de célula de carga TCA 500	46
Figura 34 – Field Logger	46
Figura 35 – Servoconversor SCA06	47
Figura 36 – Manual de comandos Modbus RTU (WEG)	47
Figura 37 – Conversor USB	48
Figura 38 – Painelelétrico em processo de montagem	51
Figura 39 – Contatora e botão de Emergência - Mercado Livre	51
Figura 40 – Tabela de cadastros	52
Figura 41 – Tabela de cadastros de amostras	52
Figura 42 – Tabela de coeficientes de curvas de calibração	53
Figura 43 – Tabela de scripts	53
Figura 44 – Tabela de ensaios	54
Figura 45 – Tabela de dados de ensaio em tempo real	54
Figura 46 – Tela login	55
Figura 47 – Tela login admin	56
Figura 48 – Tela de cadastro	56
Figura 49 – Tela principal	57
Figura 50 – Tela principal durante um ensaio	57
Figura 51 – Primeira versão do supervisório	58
Figura 52 – Máquina de estados da versão anterior	58
Figura 53 – Máquina de estados da versão atual	59
Figura 54 – Cadastro de script	60
Figura 55 – Apagar script	60
Figura 56 – Pesquisar script	61
Figura 57 – Cadastro de amostras	61
Figura 58 – Painelel de ensaio	62
Figura 59 – Pesquisa id	62
Figura 60 – Telas selecionar gráfico e célula de carga	63
Figura 61 – Processo de ensaio	63

Figura 62 – Setpoint de tempo	64
Figura 63 – Setpoint de carga	64
Figura 64 – Setpoint de carga estabilizada por determinado tempo	65
Figura 65 – Leitura de parâmetros do programa atual	65
Figura 66 – Leitura de parâmetros instanciada na estrutura prod- cons	66
Figura 67 – Cadastro de calibração	66
Figura 68 – Utilização dos coeficientes na equação	67
Figura 69 – Id da amostra ensaiada	68
Figura 70 – Visualização de gráfico e cálculos	68
Figura 71 – Fórmulas	69
Figura 72 – Trecho de relatório individual	70
Figura 73 – Trecho de relatório consolidado	70
Figura 74 – Gerador de relatório consolidado	71
Figura 75 – Gerador de relatório individual	71
Figura 76 – Teste de calibração em compressão paralela	72
Figura 77 – Curva de calibração no excel	73
Figura 78 – Arquivo Excel dos testes de compressão paralela	73
Figura 79 – Arquivo excel do teste de compressão perpendicular	74
Figura 80 – Qr code de acesso ao código fonte	76
Figura 81 – Tela principal - estado de ensaio	80
Figura 82 – Processo de ensaio parte 1	81
Figura 83 – Processo de ensaio parte 2	82
Figura 84 – Vi's de comando do motor	83
Figura 85 – Exemplo de comando do motor	83
Figura 86 – Processo de ensaio parte 3	84
Figura 87 – Setpoint de tempo	85
Figura 88 – Setpoint de carga	86
Figura 89 – Setpoint de carga estabilizada	87
Figura 90 – Produtor	88
Figura 91 – Consumidor 1	89
Figura 92 – Consumidor 2	90

Lista de tabelas

Tabela 1	–	Formato do pacote RTU	22
Tabela 2	–	Resumo de um projeto típico	24
Tabela 3	–	Comparação entre supervisor atual e o software anterior	74

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASMT	Sociedade Americana de Materiais e Testes
ID	Nome de identificação de corpo de prova
ISO	Organização Internacional de Normalização
LPF	Laboratório de Produtos Florestais
MOE	Módulo de elasticidade
MOR	Módulo de ruptura
RTU	Unidade Terminal Remota
SFB	Sistema Florestal Brasileiro
TLP	Tensão no limite Proporcional
VI	Arquivo de código do Labview

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	MOTIVAÇÃO	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo Geral	15
1.2.2	Objetivos Específicos	16
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	17
2.2	RETROFIT	17
2.2.1	Retrofit Hardware	17
2.2.2	Retrofit Software	17
2.3	SISTEMAS BASEADOS EM EVENTOS	18
2.3.1	Máquinas de estado orientadas a eventos	18
2.4	BANCOS DE DADOS	19
2.4.1	Modelo Relacional	19
2.4.2	Conectividade	20
2.5	PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO	20
2.5.1	Protocolo Modbus	21
2.6	SINCRONIZAÇÃO DE DADOS	22
2.6.1	Problema do Produtor- Consumidor	22
2.7	CARACTERÍSTICAS DOS TESTES EM MADEIRA	23
2.7.1	Rotina de Trabalho	23
2.7.2	Descrição dos Ensaio Realizados nas Máquinas Universais de Tes- tes do LPF	24
2.7.2.1	Flexão Estática	24
2.7.2.2	Compressão Paralela	26
2.7.2.3	Compressão Perpendicular	28
2.7.2.4	Tração Paralela	29
2.7.3	Tração Perpendicular	30
2.7.3.1	Dureza	32
2.7.3.2	Fendilhamento	33
2.7.3.3	Cisalhamento	34
2.7.3.4	Extração de Prego	35
2.7.3.5	Colagem	35

2.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
3	METODOLOGIA	37
4	DIAGRAMAS DE ESTADO	39
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	39
4.2	TELA LOGIN	39
4.3	TELA PRINCIPAL	40
4.3.1	Scripts	40
4.3.2	Cadastro de Amostras	41
4.3.3	Realização do Ensaio	42
4.3.4	Tratamento de Dados	43
4.4	CALIBRAÇÃO	43
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
5	DESENHO DO EXPERIMENTO	45
5.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	45
5.2	PASSO 1: REVISÃO DE DOCUMENTOS	45
5.2.1	Amplificador de célula de Carga (Bitec)	45
5.2.2	Field Logger (Novus)	46
5.2.3	Servoconversor SCA06 (WEG)	47
5.3	Conversor de mídia (Novus)	47
5.4	PASSO 2: ENTREVISTAS	48
5.5	PASSO 3: INSPECIONAR E ORGANIZAR PROBLEMAS RELATADOS	48
5.6	PASSO 4: PROJETAR HARDWARE E SOFTWARE	49
5.6.1	Banco de Dados	49
5.6.2	Telas	50
5.6.3	Painel de Ensaio	50
5.6.4	Processo de ensaio	50
5.6.5	Estrutura Produtor- Consumidor	50
5.6.6	Tratamento de Dados	50
5.6.7	Calibração	51
5.6.8	Painel elétrico	51
5.7	PASSO 5: IDENTIFICAÇÃO DE MERCADORIA	51
5.8	PASSO 6: EXECUÇÃO	52
5.8.1	Banco de Dados	52
5.8.1.1	Tabela de Cadastro de Usuários	52
5.8.1.2	Tabela de Cadastro de Amostras	52
5.8.1.3	Cadastro de Curvas de calibração	52

5.8.1.4	Tabela de Parâmetros de Scripts	53
5.8.1.5	Tabela de Ensaios	53
5.8.1.6	Tabela de ensaios em tempo real	54
5.8.2	Interface	55
5.8.2.1	Tela Login e Cadastro	55
5.8.2.2	Tela Principal	57
5.8.2.3	Scripts	59
5.8.2.4	Cadastro de Amostras	61
5.8.2.5	Painel de Ensaio	62
5.8.3	Processo de ensaio	63
5.8.3.1	Estrutura Produtor- Consumidor	63
5.8.3.2	Leitura de Parâmetros	65
5.8.4	Calibração	66
5.8.5	Tratamento de dados	67
5.8.5.1	Gerar Gráfico	67
5.8.5.2	Relatórios	69
5.9	PASSO 7: TESTES	72
5.10	TABELA DE COMPARAÇÃO	74
6	CONCLUSÃO	75
7	TRABALHOS FUTUROS	76
	REFERÊNCIAS	77
	ANEXOS	79
	ANEXO A – ESTRUTURAS DE PROGRAMAÇÃO	80
A.1	Tela principal - estado de iniciar ensaio	80
A.2	Processo de Ensaio	81
A.3	Estrutura Produtor- Consumidor	85
A.3.1	Setpoints	85
A.3.2	Estrutura completa	88

1 INTRODUÇÃO

Sistemas supervisórios são ferramentas que permitem o monitoramento e rastreamento de informações de um processo produtivo (SILVA; SALVADOR, 2005). As informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e, em seguida, manipulados, analisados, armazenados e posteriormente, apresentados ao usuário. Os primeiros supervisórios permitiam informar, periodicamente, o estado corrente do processo industrial, monitorando sinais representativos de medidas e estados de dispositivos através de um painel de lâmpadas e indicadores sem que houvesse qualquer interface aplicacional com o operador. Atualmente, segundo (BUKOWSKI, 2019), os sistemas supervisórios permitem a visualização e coleta de dados em tempo real através de telas de controle e visualização de dados armazenados, portanto tornando-se mais confiável.

1.1 MOTIVAÇÃO

A madeira é um recurso de enorme importância e vasta aplicabilidade no cotidiano da civilização. As suas propriedades podem variar bastante dependendo da espécie, o que amplia significativamente as possibilidades de aplicação do recurso, que vão desde as mais tradicionais como fabricação de móveis, construção civil e fabricação de papel até tintas, colas, graxas, etc.

Por possuir grandes dimensões territoriais e com vastas florestas, o Brasil se destaca pela capacidade de oferecer a madeira como matéria prima, o que enfatiza a importância de desenvolver estudos e pesquisas nessa área. Este trabalho irá apresentar o projeto de um sistema supervisório que está inserido em uma ferramenta de grande importância no estudo das propriedades da madeira: As máquinas universais de testes. São equipamentos capazes de realizar testes de resistência em corpos de prova extraídos de qualquer espécie, tendo como finalidade observar como cada uma se comporta em testes como: Tração paralela, compressão paralela, dureza, flexão, etc.

O sistema supervisório se encaixa nesse processo como uma peça chave, pois terá como função comandar a máquina, capturar e armazenar dados (Santos, 2016). Para programar o supervisório deste trabalho foi utilizado o LabView, uma interface de programação em blocos voltada para medições e automação o qual oferece variadas ferramentas de tratamento de dados e possibilidades de integração com equipamentos de instrumentação como controladores e data loggers, etc através de suas vastas bibliotecas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O propósito deste trabalho é projetar, construir e implementar um sistema supervísório que substitua a versão inicial, mostrada na figura 1 e que juntamente com a parte eletrônica, faça o papel das unidades de controle observadas na figura 2, pois ela encontra-se defeituosa e obsoleta, formando assim, um sistema capaz de atender as normas mais comuns de testes em madeiras e seus derivados (ASTM , ISO , ABNT , etc.) e, fundamentalmente, realizar cálculos e material de estudo por computador.

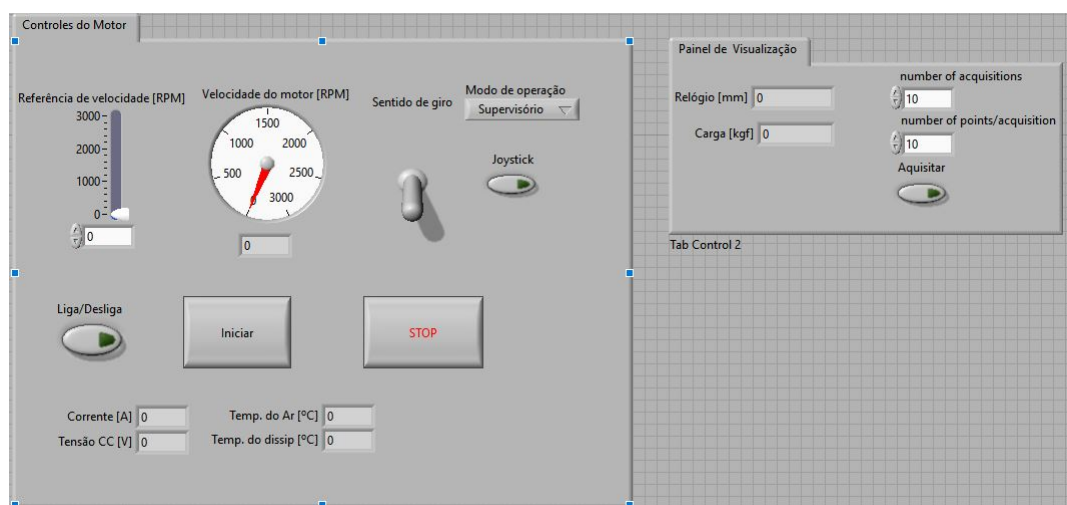


Figura 1 – Sistema supervísório antigo

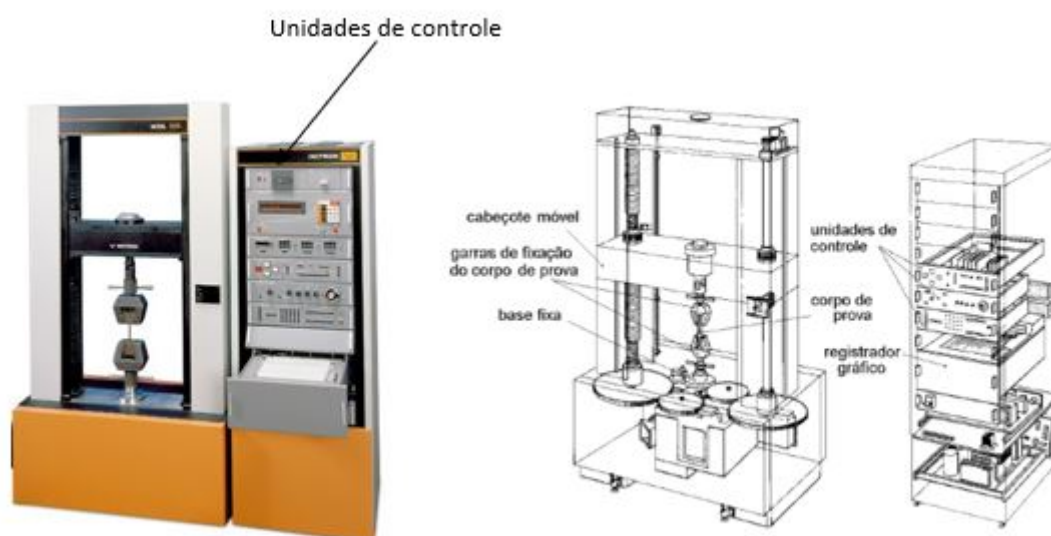


Figura 2 – Instron 1127

1.2.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o resultado proposto para este projeto, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Estudar os novos componentes adquiridos e a versão inicial do supervisório;
- Listar as melhorias necessárias;
- Projetar o sistema supervisório utilizando o software LabView;
- Elaborar uma solução para realizar a integração dos componentes eletrônicos ao novo software;
- Realizar testes para comprovar a evolução do produto;

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho conta com sete capítulos ao todo. O **capítulo 2** é dedicado às referências bibliográficas de elementos fundamentais para programar um supervisório para máquinas de testes em madeira. No **capítulo 3**, será apresentada a metodologia que o projeto se baseou. No **capítulo 4** são apresentados diagramas de estado para ajudar na compreensão do trabalho por parte do leitor e para auxiliar em trabalhos futuros. e no **capítulo 5** todo o desenho do experimento, cada um dos passos seguidos até chegar no estágio atual, o **capítulo 6** é dedicado às considerações finais e o **capítulo 7** foca nas sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo contará com o embasamento teórico utilizado para a realização deste trabalho. Serão tratados conceitos de retrofit, assuntos importantes para a implementação do software supervisor iniciando com os sistemas baseados em eventos, passando pelos sistemas de bancos de dados, protocolos de comunicação e o problema do Produtor-consumidor. Na última seção serão abordados os ensaios em madeira que a máquina instron 1127 deve ser capaz de realizar após a conclusão do projeto.

2.2 RETROFIT

Segundo ([GRAMS; CETNAROWSKI, 2014](#)), "retrofit é a ação de fazer com que determinado objeto volte a ter características para qual foi projetado. Ou até melhorá-las".

O *retrofit*, assim como a aquisição de um equipamento novo deve proporcionar que o investimento seja recuperado, portanto quando a vida útil de uma determinada máquina chega ao seu fim, ela deve ser cuidadosamente analisada por um engenheiro, sabendo que este não é um processo linear cujas soluções podem, ou não, ser implementadas pelo proprietário da máquina, dependendo da disponibilidade de capital e do retorno previsto para o investimento.

2.2.1 Retrofit Hardware

De acordo com ([DOMINGOS et al., 2019](#)) nesta etapa se verifica de fato a viabilidade do projeto em termos de custos, pois os equipamentos elétricos antigos serão descartados e substituídos por outros visando estruturação a atualização da máquina. O nível de investimento depende bastante da complexidade da máquina. Se o projeto exigir um sistema supervisor que substitua comandos analógicos, há a necessidade de adquirir novos equipamentos que façam o caminho de dados da máquina para o sistema com eficiência e confiabilidade como uma máquina nova.

2.2.2 Retrofit Software

A parte do software é a concepção de um sistema de controle capaz de atender as exigências dos operadores e do mantenedor da máquina. É também, uma etapa não-

linear em que cada projeto terá suas especificidades e complexidade distintas. Alguns projetos exigem, por exemplo a interpretação de sinais de entrada vindos dos sensores para executar determinada função na saída acionando atuadores, algo que poderia se resumir à instalação de um controlador lógico programável (CLP)¹(DOMINGOS et al., 2019).

Outros projetos, exigem um software de alto nível onde é possível a visualização através de telas gráficas, gravação de dados em um banco de dados, tratamento de dados, entre outras funções. Nesse sentido, a implementação de um software supervisor torna-se necessária (JURIZATO; PEREIRA et al., 2003).

2.3 SISTEMAS BASEADOS EM EVENTOS

Segundo (QUEIROZ et al., 2004), a teoria de controle de sistemas a eventos discretos se destaca pela sua larga aplicação aos sistemas modernos e pelo seu potencial para desenvolvimento de ferramentas teóricas.

De acordo com (CURY, 2001), os sistemas de interesse percebem as ocorrências no mundo externo através da recepção de estímulos, denominados eventos. São exemplos de eventos o início e o término de uma tarefa (mas não sua execução).

Um evento causa uma mudança no sistema, que pode ser visível ou não para o usuário. Eventos podem também ocorrer internamente no sistema, como o fim de uma atividade. De qualquer forma, as mudanças baseadas em eventos são instantâneas. Em resumo, ao perceber o evento, o sistema reage de imediato acomodando-se na nova situação até que ocorra um novo evento (CURY, 2001).

2.3.1 Máquinas de estado orientadas a eventos

Segundo a (NATIONAL, 2014), Uma máquina de estados é uma arquitetura de programação que pode ser usada para desenvolver qualquer algoritmo que explicitamente descreva um diagrama de estados ou fluxograma. Ela apresenta um modo de criar programas que respondam a eventos do usuário (como teclar um botão ou clicar no mouse) ou programáticos (como comparações de variáveis do sistema). Esta arquitetura provê vantagens em relação às arquiteturas sequenciais que utilizam a dependência de dados para forçar a execução sempre em uma mesma sequência de passos. Quase todos os programas que possuem uma interface de usuário mais complexa empregam uma arquitetura de máquina de estados. Os programas aguardam por um evento (que pode ser uma interação

¹ CLP - É um computador específico que desempenha funções de controle e automação. Utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos (ZANCAN, 2016).

do usuário ou o resultado de um cálculo) e tomam as ações apropriadas baseado nessa entrada.

Segundo ([HARRIS; HARRIS, 2013](#)) a entrada para as máquinas é o conjunto de condições do programa (por exemplo, se um botão é pressionado). Todas as condições são booleanas embora condições de predicados de primeira ordem possam ser representadas como um número finito de condições booleanas (como intervalos inteiros e restrições temporais). O comportamento de um sistema é definido e controlado por alterações nos valores das condições. Uma alteração no valor de uma condição é um evento e os eventos são detectáveis no momento .

2.4 BANCOS DE DADOS

Segundo Meira (2017), um banco de dados é uma coleção de dados relacionados. Entende-se por dado, toda a informação que pode ser armazenada e que apresenta algum significado dentro do contexto ao qual ele se aplica. Por exemplo, no sistema bancário, uma pessoa é identificada pelo seu CPF (cliente), em um sistema escolar, pelo seu número de matrícula (aluno). Um banco de dados informatizado é usualmente mantido e acessado por um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), uma coleção de programas que permite ao usuário definir, construir e manipular Bases de Dados para as mais diversas finalidades.

2.4.1 Modelo Relacional

Segundo ([C.J.DATE, 2004](#)) O modelo relacional se dedica ao exame de três principais aspectos dos dados: a estrutura de dados, a integridade de dados e a manipulação de dados. Um banco de dados relacional é composto de tabelas ou relações. Uma tabela é um conjunto não ordenado de linhas que são compostas por uma série de campos e cada campo é identificado pelo nome. O conjunto de campos das linhas da tabela que possuem o mesmo nome formam uma coluna

Dept				
CodigoDepto		NomeDepto		
D1		Compras		
D2		Engenharia		
D3		Vendas		

Emp				
CodigoEmp	Nome	CodigoDepto	CategFuncional	CIC
E1	Souza	D1	-	132.121.331-20
E2	Santos	D2	C5	891.221.111-11
E3	Silva	D2	C5	341.511.775-45
E5	Soares	D1	C2	631.692.754-88

Figura 3 – Exemplo de Banco de dados relacional - Projeto de Banco de Dados

2.4.2 Conectividade

Para abrir conexão com o banco de dados, deve-se utilizar uma API designada para habilitar acesso às fontes de dados, como planilhas, dados de servidor, bancos de dados relacionais, etc. Esta API deve fornecer uma infraestrutura que permita a integração de uma ampla variedade de fontes para que os aplicativos possam ser escritos de maneira eficiente, segura e disciplinada sem perder as vantagens de um sistema de banco de dados centralizado (BLAKELEY, 1997).

2.5 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

As redes de comunicação possuem fundamental importância para a indústria moderna. Elas surgiram da necessidade de interligar equipamentos usados nos sistemas de automação, compartilhando de uma única base de dados. Para especificar um protocolo para determinado tipo de indústria é necessário especificar alguns parâmetros como a taxa de transmissão de bits e quantidade de dispositivos utilizados.

Redes industriais em geral requerem grande desempenho, confiabilidade, capacidade dos sistemas trocarem informações entre eles (mesmo que sejam de fabricantes diferentes) e portabilidade, que é a capacidade de um software de rodar em plataformas diferentes. Como observado na figura 4, existem vários níveis de protocolos industriais, e para cada nível existem protocolos que se adequam mais (R.C.BETINI, 2014).

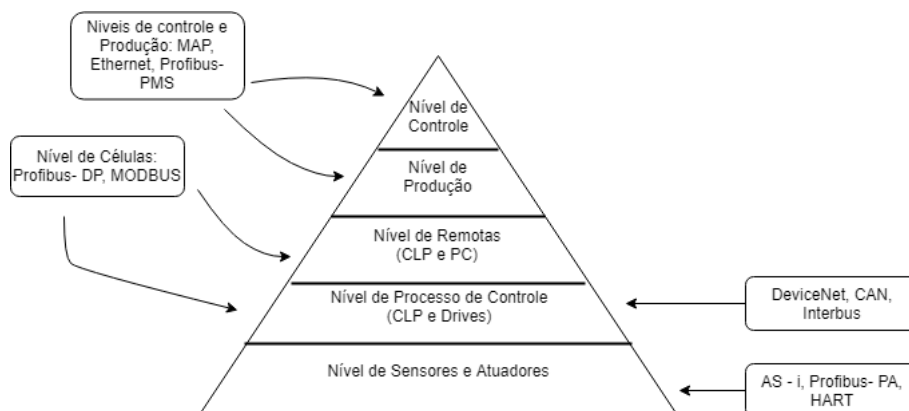


Figura 4 – Níveis de protocolos de comunicação na indústria - Fonte: Redes industriais – RCBETINI

No projeto deste trabalho, o protocolo escolhido é o ModBus RTU, que será detalhado no próximo tópico, mas há de se destacar que é um protocolo bastante usual para interações entre controladores lógicos programáveis (CLP's) e PCs, pois é de fácil implementação e grande confiabilidade, principalmente se estas não exigirem uma grande troca de dados e se irá operar em distâncias curtas.

2.5.1 Protocolo Modbus

O protocolo escolhido para comunicar a máquina Instron 1127 com o supervisório é o ModBus RTU RS- 485. Este protocolo é bastante utilizado na automação industrial e em equipamentos de laboratório devido a sua facilidade de implementação (C.M.FREITAS, 2014). O padrão RS- 485 permite trabalhar com taxas de comunicação que podem chegar a 12Mbps e em alguns casos até a 50Mbps, dependendo do comprimento da rede. Como ocorre em outros protocolos, a estação mestre inicia a comunicação solicitando o envio de dados por parte dos escravos. Os escravos, por sua vez, retornam os dados solicitados pelo mestre. Estes dados podem ser de natureza discreta ou numérica, sendo possível enviar valores como temperatura ou tensão (como na célula de carga da Instron) ou enviar um bit de parada para o motor.

O protocolo possui 256 endereços, onde 0 é o endereço de Broadcast, utilizado para que o mestre envie uma mensagem que deve ser recebida por todos os escravos. Os endereços 1 a 247 são disponíveis para os escravos, enquanto os endereços entre 248 e 255 são reservados. O Mestre não possui endereço.

Existem dois modos de transmissão de dados: ASC II e RTU. Como dito anteriormente, será utilizado o modo RTU para realizar a comunicação entre o supervisório e os outros instrumentos da máquina de teste. Neste modo, para cada byte transmitido são codificados dois caracteres hexadecimais de 4 bits (ARRUDA, 2007). Números inteiros

entre -32768 e 32767 podem ser representados por 2 bytes em hexadecimal. O tamanho da palavra em RTU é de 8 bits.

Endereço do Escravo	Código da Função	Dados
1 byte	1 byte	0 a 252 bytes

Tabela 1 – Formato do pacote RTU

2.6 SINCRONIZAÇÃO DE DADOS

No compartilhamento de recursos entre processos, podem ocorrer situações indesejáveis como processamento incorreto de dados, onde por exemplo, o processo leitor pode realizar uma leitura antes do processo gravador finalizar a gravação. Segundo (NETO, 2016) para evitar tais situações, é imprescindível ter mecanismos que garantam a sincronização de dados. A solução deve garantir que um recurso seja acessado apenas por um processo de cada vez e que os processos sigam uma determinada ordem de processamento.

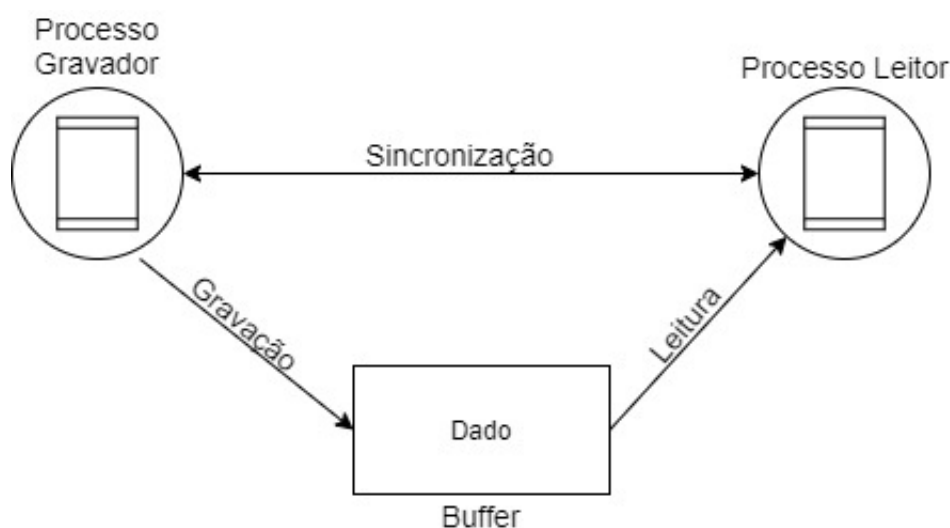


Figura 5 – sincronização entre processos

Uma possível solução para tal é proposta por (MACIEL; LINS; CUNHA, 1996) na seção 2.6.1 através do problema do produtor- consumidor.

2.6.1 Problema do Produtor- Consumidor

(MACIEL; LINS; CUNHA, 1996) propoem uma representação de um exemplo dessa estrutura em redes de petri, na figura 6, onde a transição t_0 representa a produção dos itens e a transição t_1 o armazenamento dos itens no buffer. A transição t_2 representa a remoção, pelo consumidor do item do buffer e finalmente a transição t_3 representa o consumo do item. Note que o disparo de t_1 e t_3 armazena uma marca nos lugares p_0 e p_2 ,

respectivamente. Isso significa que o produtor ou consumidor está pronto para uma nova execução de suas tarefas, o que garante que os dados sejam tratados na ordem correta e que nenhum dado seja perdido.

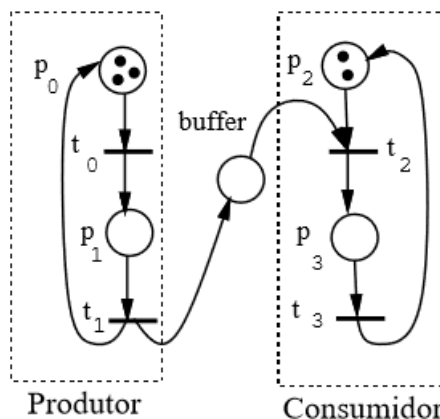


Figura 6 – Modelo produtor- consumidor com redes de Petri - Fonte: Livro Redes de Petri e Aplicações

2.7 CARACTERÍSTICAS DOS TESTES EM MADEIRA

2.7.1 Rotina de Trabalho

Segundo (D.E.TEIXEIRA; M.RABELO, 2016), em sua rotina de trabalho no LPF técnicos de engenharia vão a campo e coletam as amostras para testes seguindo critérios científicos. Por exemplo, num estudo de 25 espécies florestais de uma determinada região, 5 árvores por espécie são coletadas e de cada árvore são retiradas 2 toras de 2 m cada para os testes físicos e mecânicos. Dessas toras são retiradas 2 vigas de 8 cm por 8 cm pelo comprimento da viga (500 vigas no total). Metade das vigas coletadas vão para testes na condição verde e a outra metade na condição seca. De cada viga são retirados 10 corpos de prova, com tamanhos variados, para os testes de flexão estática, compressão paralela e perpendicular, tração paralela e perpendicular, dureza, fendilhamento, cisalhamento, prego e colagem (total de 5000 corpos de prova). Nos testes de dureza e prego, os corpos são testados em todas as faces (seis testes por corpo de prova). Algumas normas determinam que o teste de flexão também seja feito em duas partes, primeiro o módulo de elasticidade (sem quebrar) e o próximo teste, com um arranjo diferente, o mesmo corpo de prova será testado até a ruptura. São no total 20 testes em máquina para cada viga, totalizando 10 mil testes em máquina. Por isso, é importante que a máquina seja ágil, fácil de operar, robusta e que realize o máximo possível dos cálculos em computador, organizando-os em planilhas. Na tabela 2, podemos observar o resumo de um projeto típico:

Espécies a estudar:	25
Árvores/espécie:	5
Toras/Árvore:	2
Vigas/Tora:	2
Total de vigas de 8 x 8 x 2000 cm:	500
Corpos de Prova/viga:	10
Total de corpos de prova:	5000
Testes/viga:	20
Total de testes/projeto:	10000
Tempo médio/teste:	10 min
Tempo médio/preparação:	5 min
Testes/hora:	4
Testes/dia:	32
Total de dias de testes:	312

Tabela 2 – Resumo de um projeto típico

2.7.2 Descrição dos Ensaios Realizados nas Máquinas Universais de Testes do LPF

2.7.2.1 Flexão Estática

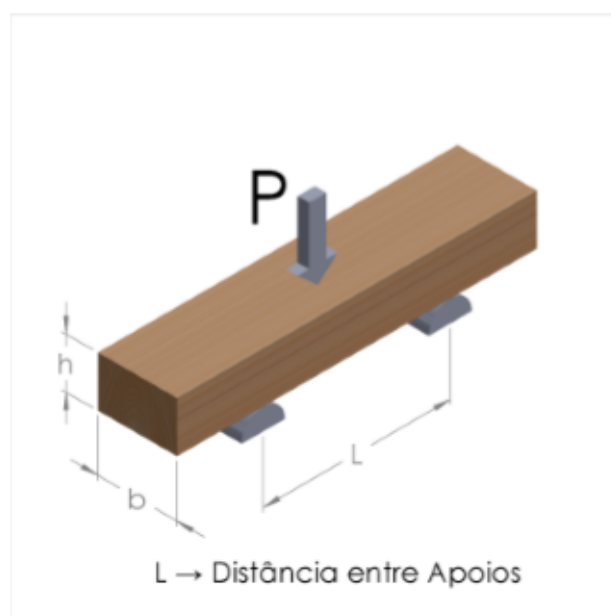


Figura 7 – Flexão estática - Fonte: Supervisor da máquina Martins Campelo (LPF)

Na flexão, utilizam-se corpos de prova de 5 cm x 5 cm x 115 cm, com vão livre de 105 cm e carga concentrada no meio do vão, como observado na figura (7). Neste ensaio as fibras são tracionadas, ou comprimidas axialmente e cisalhadas (PFEIL; PFEIL, 1984). O objetivo do ensaio de flexão é determinar parâmetros como Módulo de ruptura (MOR)²,

² Valor máximo de tração ou compressão nas fibras externas do corpo de prova.

Módulo de Elasticidade (MOE)³ e Tensão no limite Proporcional (TLP)⁴.

$$MOR = \frac{3.P_{\text{máx}}.L}{2.b.h^2} \quad (2.1)$$

$$TLP = \frac{3.P_{lp}.L}{2.b.h^2} \quad (2.2)$$

$$MOE = \frac{P_{lp}.L^3}{4.d.b.h^3} \quad (2.3)$$

Onde:

$P_{\text{máx}}$ = Carga máxima de ruptura, em Kilograma- Força (Kgf) ou Newtons (N);

P_{lp} ⁵ = Carga no limite de proporcionalidade (Kgf ou N);

L = Vão Livre do ensaio (mm);

b = Largura do corpo de prova (mm);

h = altura do corpo de prova (mm);

d = deformação no limite de proporcionalidade (mm);

Na figura (8), pode-se observar um gráfico de flexão estática em 3 pontos realizado na máquina Martins Campelo no LPF:

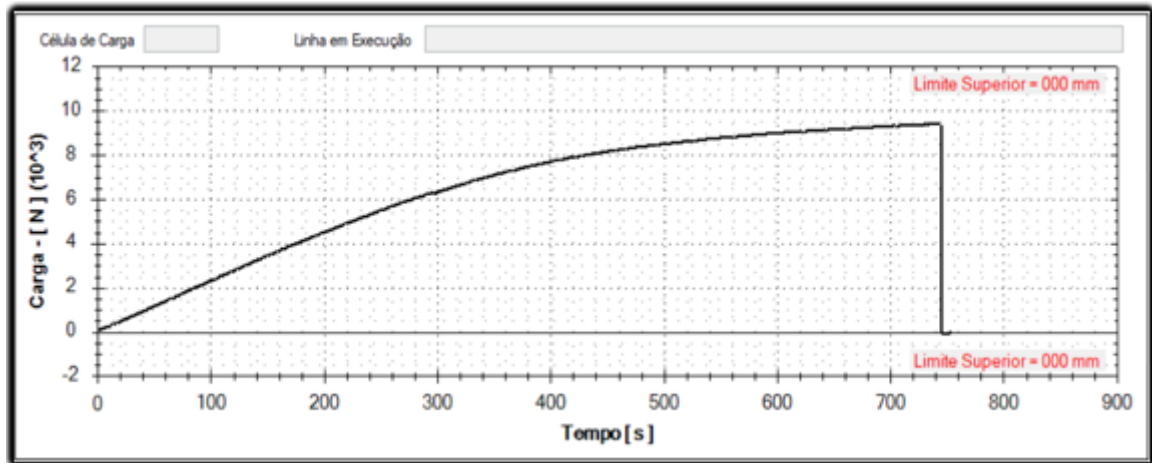


Figura 8 – Exemplo de ensaio de flexão estática

O ensaio representado no gráfico da Figura (8), foi realizado com uma taxa de variação de velocidade constante, em mm/min. Para tensões menores que os valores de

³ Parâmetro mecânico que proporciona uma medida de rigidez de um material sólido.

⁴ Tensão no ponto onde se iniciam as deformações plásticas.

⁵ P_{lp} ou Carga no limite de proporcionalidade: Carga no ponto onde se iniciam as deformações plásticas.

carga correspondentes a tensão no limite de proporcionalidade (TLP), o gráfico se comporta de maneira linear. Após este limite, ocorre a plastificação da região comprimida. A região se rompe quando ocorre suficiente flambagem⁶ das fibras mais comprimidas, o que provoca rebaixamento da linha neutra, aumentando as tensões nas fibras tracionadas: A peça rompe-se por tração na fibra inferior (PFEIL; PFEIL, 1984).

2.7.2.2 Compressão Paralela

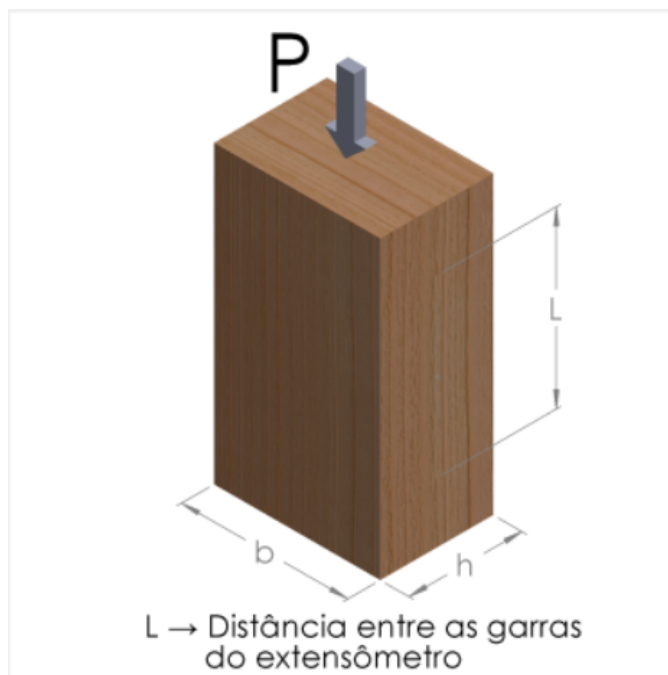


Figura 9 – Compressão paralela - Fonte: Supervisório da Máquina Martins Campelo (LPF)

A compressão paralela é caracterizada pela aplicação de carga, representada por “P” paralela às fibras do corpo de prova, que geralmente possui medidas 5 cm x 5 cm x 15 cm. Com o auxílio de extensômetros⁷ ou transdutores de deslocamento, são realizadas medições de encurtamento ΔL , sobre uma base de medida “L”. Se for utilizado o sensor Encoder⁸, considera-se “L” como a própria altura do Corpo de Prova. O objetivo deste ensaio, é a determinação do Módulo de Ruptura (MOR), Módulo de Elasticidade (MOE) e Tensão no limite Proporcional (TLP) do corpo de prova (PFEIL; PFEIL, 1984).

⁶ Flambagem ou encurvadura é um fenômeno que ocorre em peças esbeltas (peças onde a área de seção transversal é pequena em relação ao seu comprimento), quando submetidas a um esforço de compressão axial.(BARSÁ, 2010)

⁷ Sensores colocados em contato com a amostra para medir o deslocamento. Têm como vantagem a possibilidade de medir com maior exatidão o quanto a amostra cedeu.

⁸ Sensor presente internamente no travessão da máquina de ensaios, que tem como função medir o deslocamento do mesmo.

$$MOR = \frac{P_{\text{máx}}}{A} \quad (2.4)$$

$$TLP = \frac{P_{lp}}{A} \quad (2.5)$$

$$MOE = \frac{P_{lp} \cdot L}{A \cdot d} \quad (2.6)$$

Onde:

$P_{\text{máx}}$ = Carga máxima de ruptura (Kgf ou N);

A = Área da seção transversal do corpo de prova antes do ensaio ($b \cdot h$) (mm^2);

P_{lp} = Carga no limite de proporcionalidade (Kgf ou N);

L = Distância entre as garras do extensômetro ou comprimento do corpo de Prova (mm);

d = Deformação do corpo de prova (mm);

Na Figura (10), observa-se o gráfico de um ensaio de compressão paralela realizado da máquina Martins Campelo no LPF:

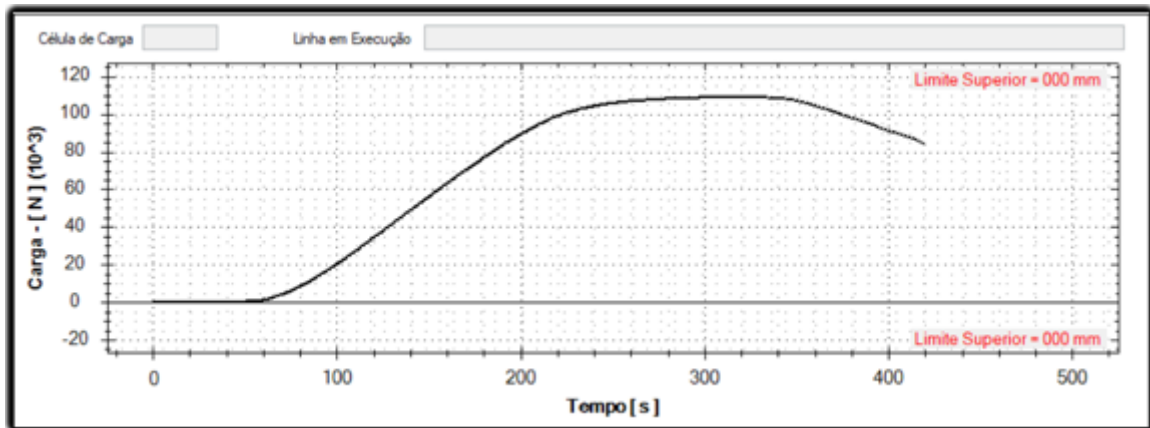


Figura 10 – Exemplo de ensaio de Compressão Paralela - Fonte: Supervisório da Máquina Martins Campelo (LPF)

Para determinação das deformações específicas associadas aos sucessivos estágios de carregamento pode-se então construir o gráfico de Carga x Deformação, como ilustrado na figura (11). No gráfico, observamos a existência de uma região linear, no qual o comportamento do material é elástico, até a carga que corresponde à tensão no limite proporcional (TLP). A partir deste ponto verifica-se um comportamento não-linear o qual está associado às flambagens das fibras do corpo de prova. E por último, a região onde

o corpo de prova é esmagado, diminuindo a resistência com o tempo (PFEIL; PFEIL, 1984).

2.7.2.3 Compressão Perpendicular

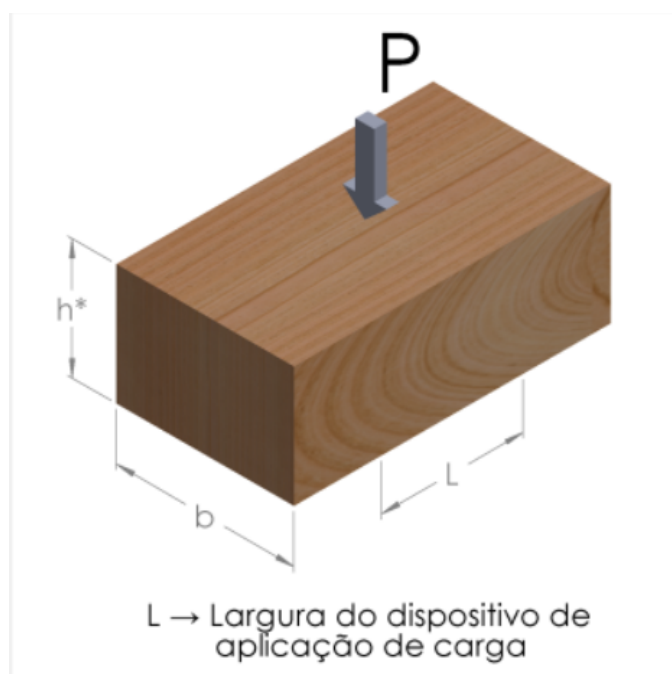


Figura 11 – Compressão perpendicular - Fonte: supervisor da máquina Martins Cam-pelo (LPF)

Utiliza-se neste ensaio, corpos de prova de 10cm x 5cm x 5cm, realizando uma compressão transversal às fibras

As fibras, que são constituídas por células ocas, quando comprimidas normalmente são achatadas precocemente, apresentando grandes deformações (PFEIL; PFEIL, 1984). Para este ensaio é relevante o cálculo da tensão no limite proporcional (TLP).

$$TLP = \frac{P_{lp}}{A} \quad (2.7)$$

Onde:

A = Área da seção transversal do corpo de prova antes do ensaio ($b \cdot L$) (mm^2);

P_{lp} = Carga no limite de proporcionalidade (Kgf ou N);

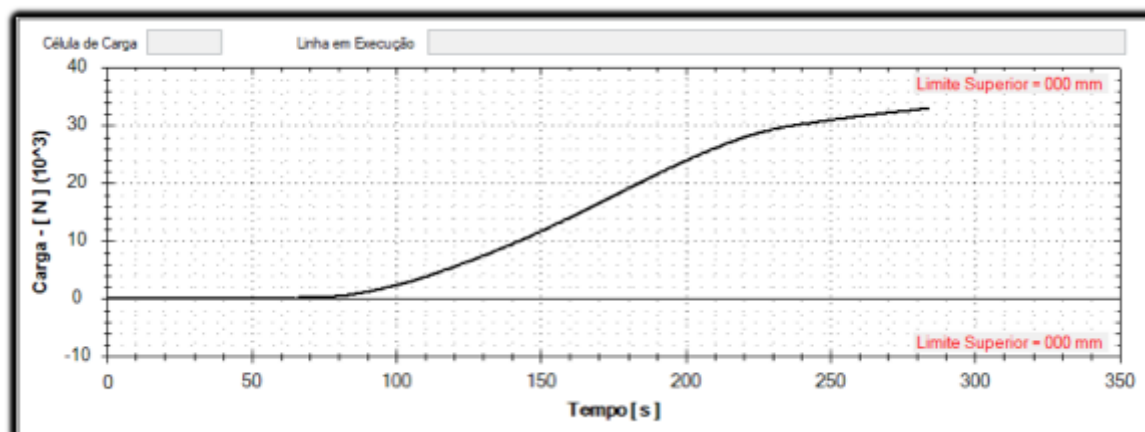


Figura 12 – Exemplo de gráfico de compressão perpendicular - Fonte:Supervisório da Máquina Martins Campelo (LPF)

O ensaio representado no gráfico acima, foi realizado com uma taxa de variação de velocidade constante, em mm/min e carga variável. O achatamento das fibras pode ser observado após o ponto de limite proporcional, onde observa-se um ligeiro aumento da resistência do corpo de prova.

2.7.2.4 Tração Paralela

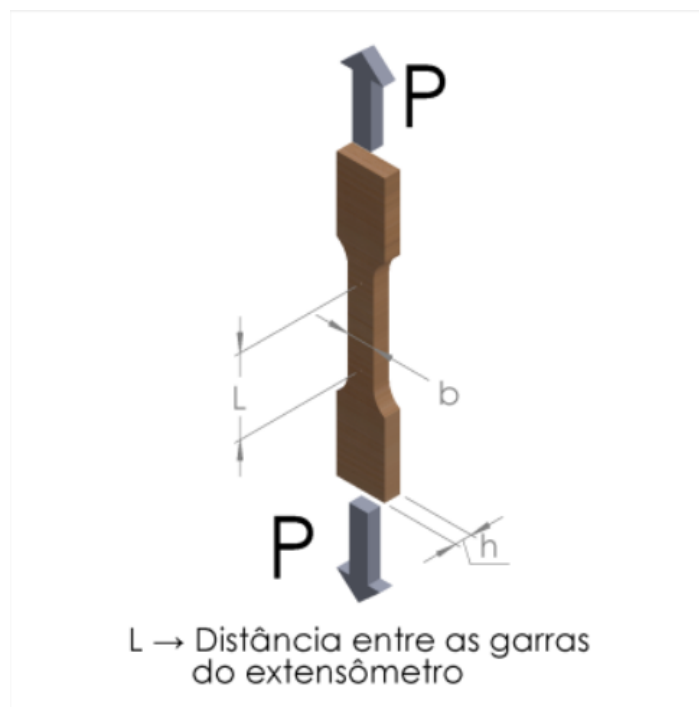


Figura 13 – Tração paralela - Fonte: supervisório da máquina Martins Campelo (LPF)

Na tração paralela, o corpo de prova com distância “L” entre os pontos de apoio e largura “b” é preso por duas garras, onde serão aplicadas duas cargas contrárias, repre-

sentadas por “P” em suas extremidades e paralelas às fibras, até a ruptura. As dimensões onde são colocadas as garras são maiores, de modo a garantir que a ruptura se dê na região central (PFEIL; PFEIL, 1984). O objetivo deste ensaio é obter o Módulo de Ruptura (MOR), o Módulo de Elasticidade (MOE) e a Tensão no Limite Proporcional (TLP).

$$MOR = \frac{P_{\text{máx}}}{A} \quad (2.8)$$

$$TLP = \frac{P_{\text{lp}} \cdot L}{A \cdot d} \quad (2.9)$$

$$MOE = \frac{P_{\text{lp}}}{A} \quad (2.10)$$

Onde:

$P_{\text{máx}}$ = Carga máxima de ruptura (Kgf ou N);

A = Área da seção transversal mínima do corpo de prova antes do ensaio (mm^2);

P_{lp} = Carga no limite de proporcionalidade (Kgf ou N);

L = Distância entre as garras do extensômetro (mm);

d = Deformação do corpo de prova (mm);

2.7.3 Tração Perpendicular

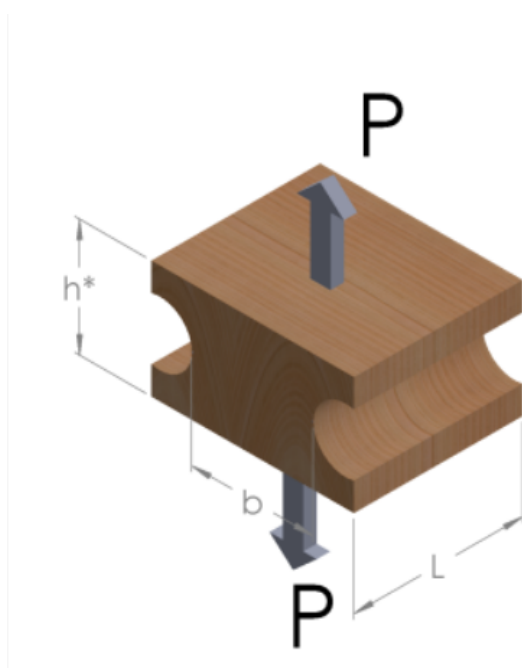


Figura 14 – Tração perpendicular - Fonte: supervisor da máquina Martins Campelo (LPF)

A diferença entre a tração paralela e perpendicular é a direção que a carga “P” é aplicada em relação às fibras do corpo de prova, sendo “b” a distância entre as cavidades, “L” o comprimento e “h” a altura. Como o próprio nome diz, neste ensaio, a carga é perpendicular às fibras.

Segundo (PFEIL; PFEIL, 1984), "a resistência à tração perpendicular às fibras é pequena, dependendo da resistência da lignina⁹ como material ligante". Portanto, devem ser evitadas na prática, situações que envolvam esta sollicitação.

O objetivo é determinar a máxima resistência, em Kgf.

$$T = \frac{P_{lp}}{A} \quad (2.11)$$

Onde:

A = Área da seção transversal mínima do corpo de prova antes do ensaio (mm^2);

Plp = Carga no limite de proporcionalidade (Kgf ou N);

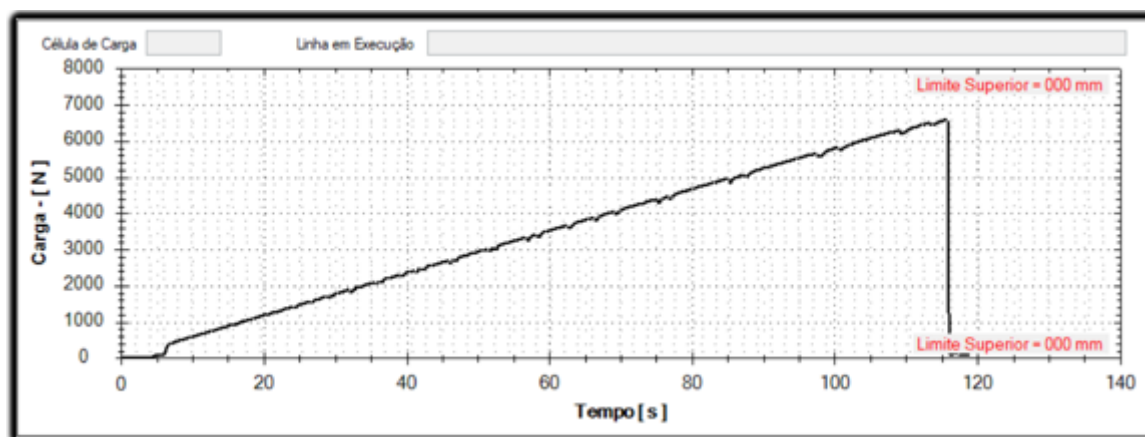


Figura 15 – Exemplo de gráfico de tração perpendicular - Fonte:Supervisório da Máquina Martins Campelo (LPF)

Este ensaio foi realizado com taxa de variação de carga constante (N/min) e velocidade variável. O gráfico da Figura (15) mostra um corpo de prova com característica de fratura frágil, pois até a ruptura não há região plástica evidente, ou seja, deforma pouco antes de se romper (CALLISTER; RETHWISCH, 2011).

⁹ A lignina é uma macromolécula rígida e permeável que impregna a celulose da membrana celular de alguns órgãos vegetais. A lignina atua como matéria aglutinante de fibras de celulose, proporcionando resistência à parede celular (BARSÁ, 2010)

2.7.3.1 Dureza

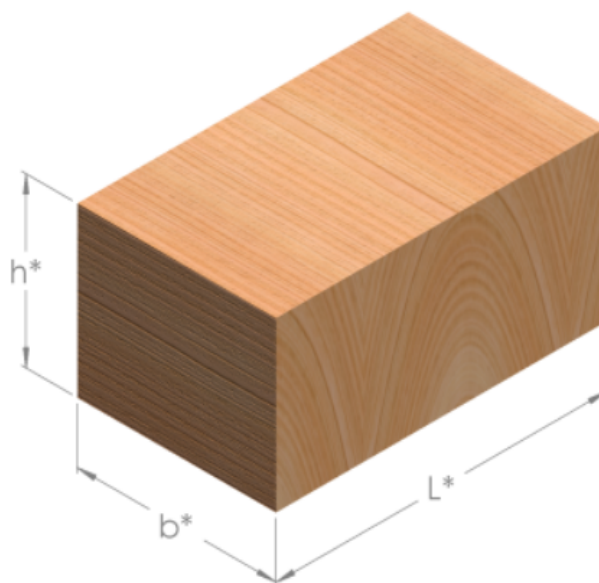


Figura 16 – Dureza - Fonte: Supervisório da Máquina Martins Campelo (LPF)

Este ensaio é realizado acrescentando uma pequena semiesfera metálica na célula de carga com o objetivo de medir a resistência máxima (Kgf ou N) em cada uma das faces. No ensaio de dureza, as dimensões do corpo de prova não são relevantes, apenas a resistência. Figura (17) ilustra com clareza a ação das esferas e a Figura (18) mostra o gráfico de uma das faces após ensaiada:



Figura 17 – Corpo de prova ensaiado por dureza - Fonte: Supervisório da Máquina Martins Campelo (LPF)

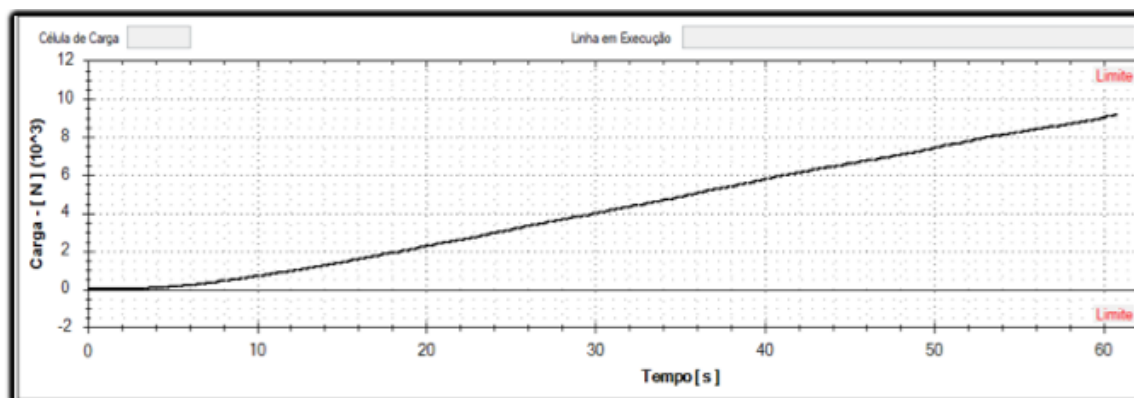


Figura 18 – Gráfico de uma das faces do ensaio de dureza - Fonte: Supervisório da Máquina Martins Campelo (LPF)

O ensaio representado no gráfico acima, foi realizado com uma taxa de variação de velocidade constante, em mm/min e carga variável. O gráfico mostra a quantidade de carga aplicada até que a semiesfera perfure o corpo de prova.

2.7.3.2 Fendilhamento

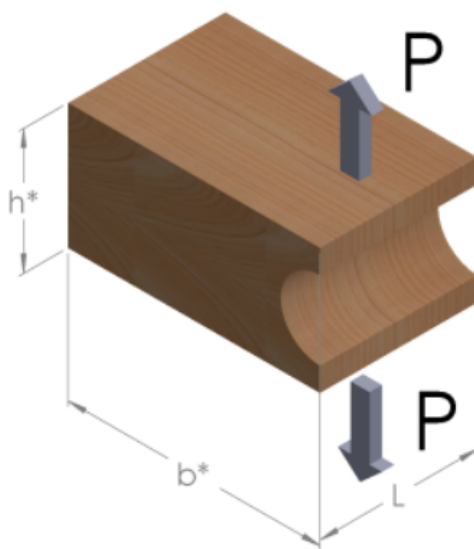


Figura 19 – Fendilhamento - Fonte: Supervisório da Máquina Martins Campelo (LPF)

O Fendilhamento é um ensaio de tração aplicado a uma fenda, sendo as cargas representadas por “P”, o comprimento “b”, a largura “L” e a altura “h” como ilustrado na Figura (19). O objetivo é testar a resistência máxima à ruptura em Kgf ou N.

2.7.3.3 Cisalhamento

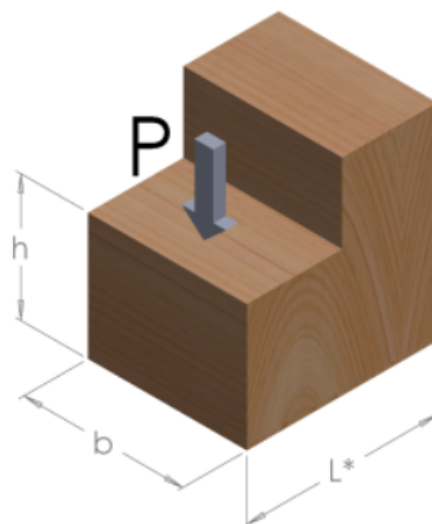


Figura 20 – Cisalhamento - Fonte: supervisorio da máquina Martins Campelo (LPF)

O cisalhamento é caracterizado pela aplicação de uma força cortante “P” em uma seção de altura “h” e largura “b”, como ilustrado na Figura (20). São utilizados corpos de prova com dimensões 5 cm x 5 cm x 6,4 cm e um recorte de 2 cm x 1,4 cm x 5 cm. A carga é aplicada de modo a cisalhar uma seção de 5 cm x 5 cm. O objetivo é determinar a máxima resistência à ruptura por cisalhamento, sendo que o mecanismo de ruptura, se dá pelo deslizamento entre fibras adjacentes à seção do corte (PFEIL; PFEIL, 1984).

No gráfico da Figura (21), pode-se observar que a carga varia de maneira linear no tempo até o rompimento.

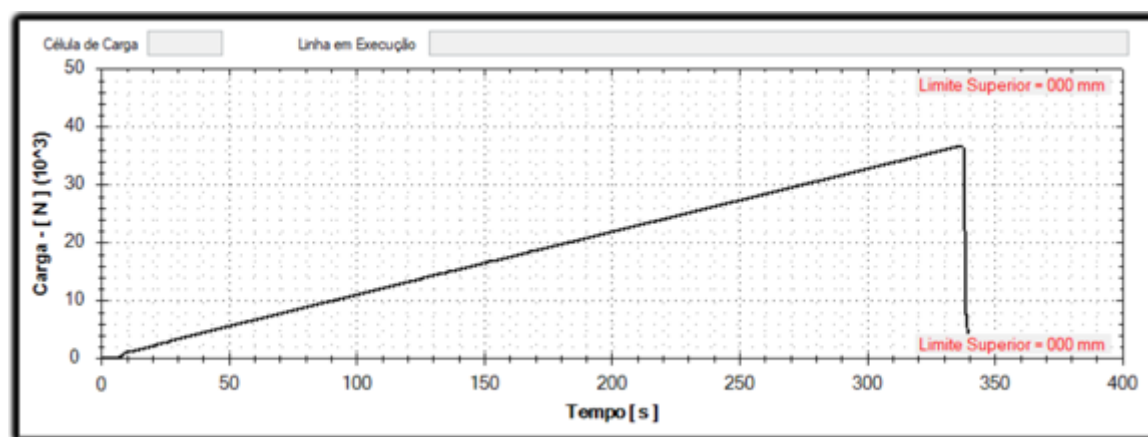


Figura 21 – Gráfico de um ensaio de cisalhamento - Fonte: Supervisorio da Máquina Martins Campelo (LPF)

2.7.3.4 Extração de Prego

O objetivo do ensaio de Extração de prego é conhecer a carga máxima em cada uma das faces para se extrair pregos. Para a realização, coloca-se uma garra na extremidade do prego e traciona até que o prego seja removido. A Figura (22) mostra o gráfico de extração de prego em uma das faces de um corpo de prova:

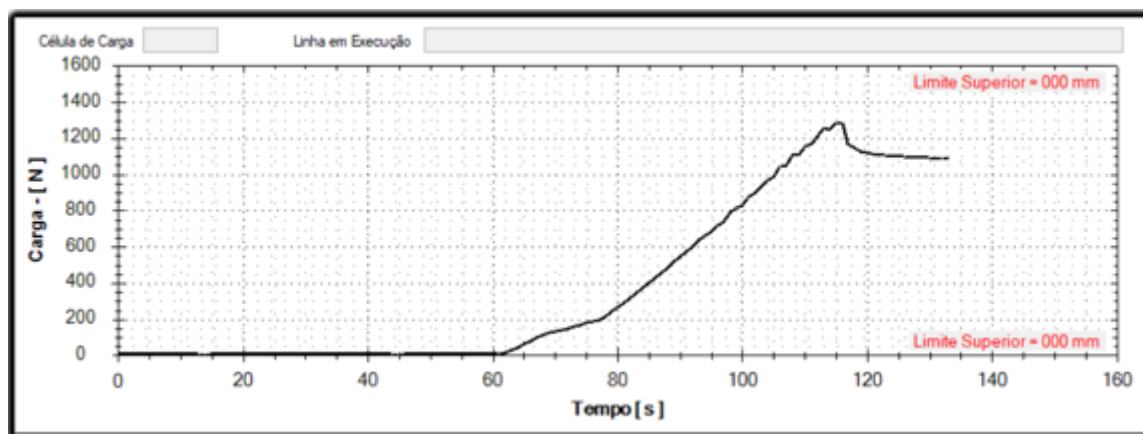


Figura 22 – Gráfico de um ensaio de extração de prego - Fonte: Supervisório da Máquina Martins Campelo (LPF)

2.7.3.5 Colagem

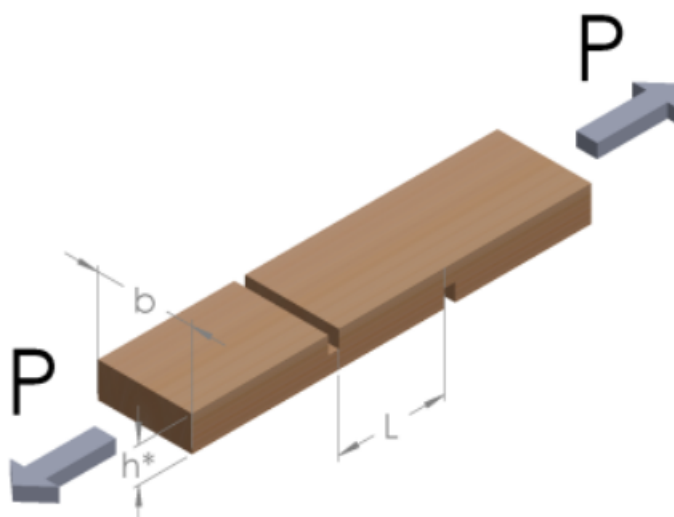


Figura 23 – Colagem - Fonte: Supervisório da Máquina Martins Campelo (LPF)

O ensaio de colagem tem o intuito de testar a resistência de duas madeiras artificialmente unidas, por qualquer que seja o método. É realizado tracionando as duas

partes até a separação, a força representada por “P”, a largura representada por “b” e o comprimento “h” da superfície de colagem. Este ensaio é bastante utilizado para medir a resistência de compensados¹⁰. A figura (24) mostra um exemplo de gráfico de colagem, realizado com velocidade constante (mm/min). Vale ressaltar que os gráficos de colagem podem variar bastante de um ensaio para o outro.

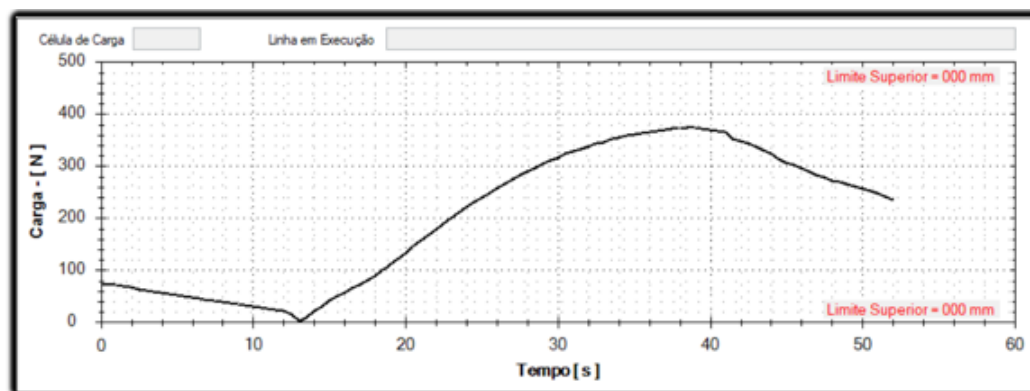


Figura 24 – Gráfico de um ensaio de colagem - Fonte: Supervisório da Máquina Martins Campelo (LPF)

2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo abordou referências fundamentais para a realização deste trabalho, desde os requisitos de software, protocolos de comunicação até a parte prática com cada um dos ensaios. O próximo capítulo será dedicado à metodologia do Retrofit através de uma sequência de passos com o embasamento teórico dos artigos pesquisados sobre o assunto.

¹⁰ Compensado: Conjunto de folhas de madeira, todas de pequena espessura, dispostas com as fibras cruzadas entre si, que grudam e submetem seguidamente à pressão hidráulica em prensas próprias (BARSÁ, 2010)

3 METODOLOGIA

A metodologia foi realizada em base do estado da arte do processo de modernização de máquinas de ensaios de madeira “Retrofit”. Foram selecionados os artigos mais recentes (entre 2010-2019) para seguir uma sequência de passos durante o processo e realizou algumas adaptações para o projeto da Instron 1127.

- **Passo[1] Revisão de documentos:** Segundo (LIMA et al., 2010) esta etapa deve ser dedicada ao estudo das principais características dos equipamentos, que pode ser feita através de documentos como datasheets, manuais, esquemas elétricos, etc, para que haja uma familiarização com cada parte integrante da máquina antes do início do retrofit.
- **Passo[2] Entrevistas:** De acordo com (SANTOS; SALUME; FREITAS, 2019) antes e durante o projeto se devem realizar um questionário de perguntas para os operadores e coordenadores de manutenção com o propósito de levantar informação sobre a maquinaria.
- **Passo[3] Inspeccionar e organizar problemas relatados:** De acordo com (SANTOS; SALUME; FREITAS, 2019) após a realização das entrevistas, são definidos os problemas e limitações, de condições originais e índice de degradação dos equipamentos e o quanto isso compromete o resultado final do produto.
- **Passo[4] Projetar hardware e software:** Segundo (GRAMS; CETNAROWSKI, 2014) Inicia-se descartando todos os equipamentos obsoletos que não serão mais úteis. Feito isso coloca-se os novos equipamentos da máquina de acordo com o esquema pré-definido no projeto. Segundo (LIMA et al., 2010), no processo de retrofit, um software deve ser projetado para facilitar a comunicação entre o sistema de controle e o Operador.
- **Passo[5] Identificação de mercadoria:** Segundo (GRAMS; CETNAROWSKI, 2014) após a avaliação e aprovação do orçamento, são definidas ordens de compra para os materiais especificados. Esta etapa é uma das fundamentais para a manutenção dos prazos estipulados. Quaisquer atrasos na elaboração dos pedidos e na entrega dos produtos pode influenciar na data de entrega final.
- **Passo[6] Execução:** Segundo (DOMINGOS et al., 2019) assim que todas as etapas anteriores são concluídas o projeto entra na fase de execução, com a instalação dos novos equipamentos adquiridos para que seja possível realizar a integração da

máquina com o Software desenvolvido e posterior conclusão dos detalhes finais do mesmo.

- **Passo[7] Testes:** Segundo ([DOMINGOS et al., 2019](#)) gradativamente enquanto o projeto é desenvolvido, são feitos testes para visualizar se a lógica está no caminho correto. Quando o projeto é finalizado inicia-se a etapa de ajustes finos, que envolvem calibrações e testes abrangentes que envolvam a maior quantidade de situações possíveis

4 DIAGRAMAS DE ESTADO

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo tem como objetivo esquematizar as funções do supervisor para auxiliar no entendimento do leitor e em relação ao tópico 5.7 (passo 6 da metodologia), onde serão apresentadas as telas do programa e os diagramas de blocos. A seção 4.2 irá trazer as funções da tela de login/cadastro. A seção 4.3 abordará a tela principal e suas subseções irão destrinchar de maneira mais específica as funcionalidades. Por fim a seção 4.4 abordará a parte da calibração.

4.2 TELA LOGIN

O sistema deve iniciar com uma tela de login, onde o usuário será capaz de se autenticar com o intuito de proteger o sistema de usuários não autorizados e para que o supervisor registre o nome do operador nos relatórios (SOUZA, 2005). Seu nome de usuário e senha serão validados consultando o banco de dados do supervisor. O login também é importante pelo fato de que o nome do operador é salvo na tabela de ensaios do banco de dados. Também é possível cadastrar novos usuários na tela de cadastro, onde o supervisor irá salvar no banco de dados para posterior validação.

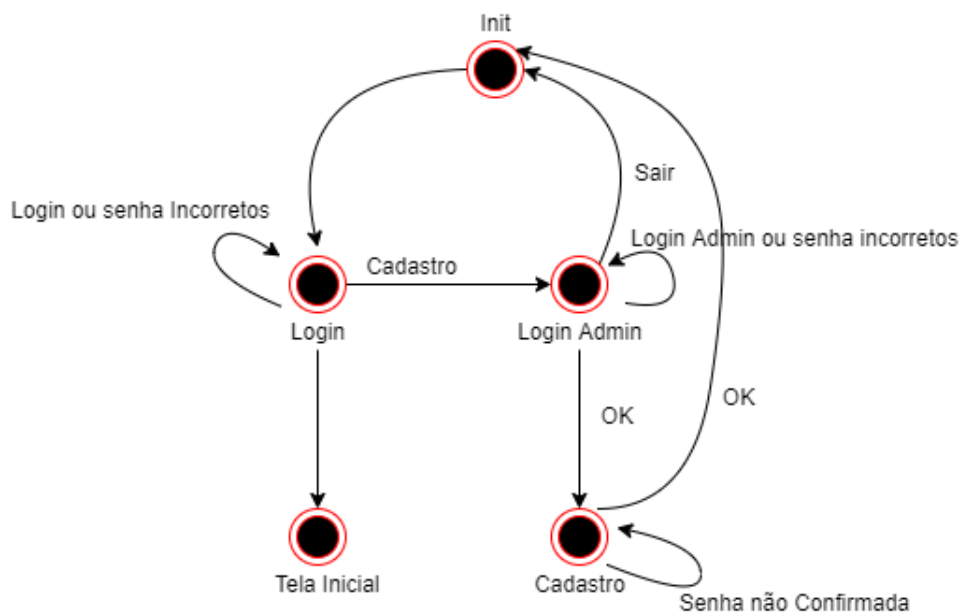


Figura 25 – Diagrama de estados da Tela Login

4.3 TELA PRINCIPAL

Após a realização do login, o usuário se depara com a tela principal, onde terá acesso a todas as funções presentes no supervisor e também aos indicadores de ensaio, como indicadores de carga e deformação e gráficos. Logo abaixo, cada uma das funções será detalhada.

O botão Conectar é responsável por abrir a conexão com o protocolo de comunicação da máquina, caso esteja tudo conectado, o painel de operação é liberado para que o operador possa comandar a máquina. Caso tenha algum nó da rede offline, uma mensagem de erro irá retornar para o usuário indicando que houve timeout.

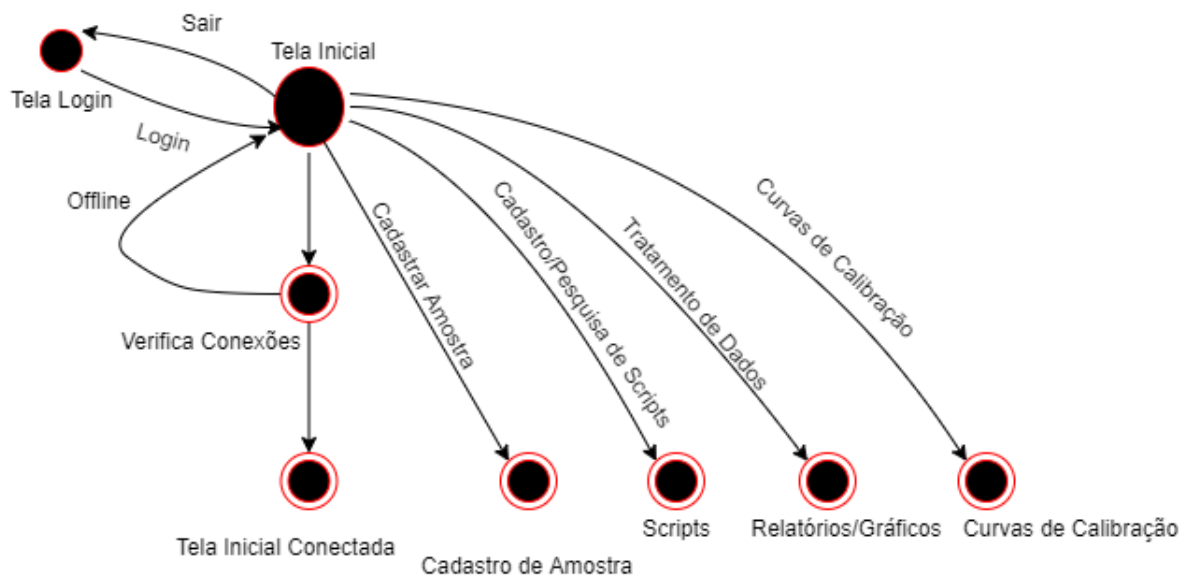


Figura 26 – Diagrama de estados da tela inicial

4.3.1 Scripts

Os scripts são responsáveis por estabelecer um determinado comportamento para a máquina durante um ensaio. Ele contém informações sobre o tipo de rampa, que determina se o ensaio é de velocidade constante ou carga constante, determina também a condição de parada, que pode ser após o travessão se mover por uma determinada distância ou atingir uma determinada carga. Ao atingir o valor determinado o ensaio se encerra. Há também a opção de parar ou se estabilizar em alguma carga após um determinado tempo. Na tela principal há um botão onde o operador poderá acessar a tela de manipulação de scripts. Nessa tela há opções para cadastrar um novo script, ver um script já existente e apagar scripts. Cada script será salvo na tabela de Scripts do banco de dados e será acessado durante o ensaio.

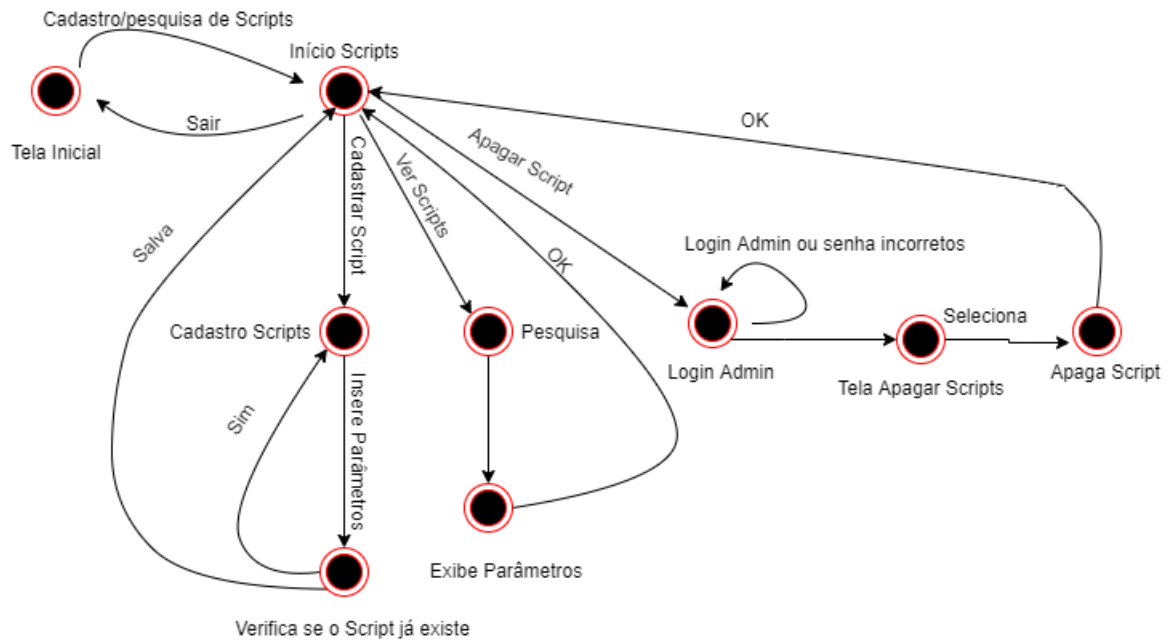


Figura 27 – Diagrama de estados da tela de Scripts

4.3.2 Cadastro de Amostras

Cada corpo de prova tem suas características específicas, que devem ser conhecidas para identificação de cada amostra. Para diferenciar um corpo de prova do outro, o operador deverá cadastrar um Id. Este Id será usado para tudo que envolver essa amostra no supervisório, como: selecionar amostra para ensaiar, tratamento de dados, gerar de relatórios, etc. É uma informação única para cada amostra. Outro tipo de identificação é o projeto, onde o operador pode inserir um nome para o projeto para agrupar determinadas amostras.

Em relação às características do corpo de prova, temos as medidas: comprimento “L”, altura “h”, largura “b” e massa. Há também a diferenciação por espécie e por condição, que pode ser verde ou seco. Outros parâmetros importantes são a norma e o tipo de ensaio. Essas últimas são utilizadas para o supervisório saber os cálculos que deve fazer, por exemplo: Calcular o módulo de elasticidade para uma determinada norma e um determinado tipo de ensaio.

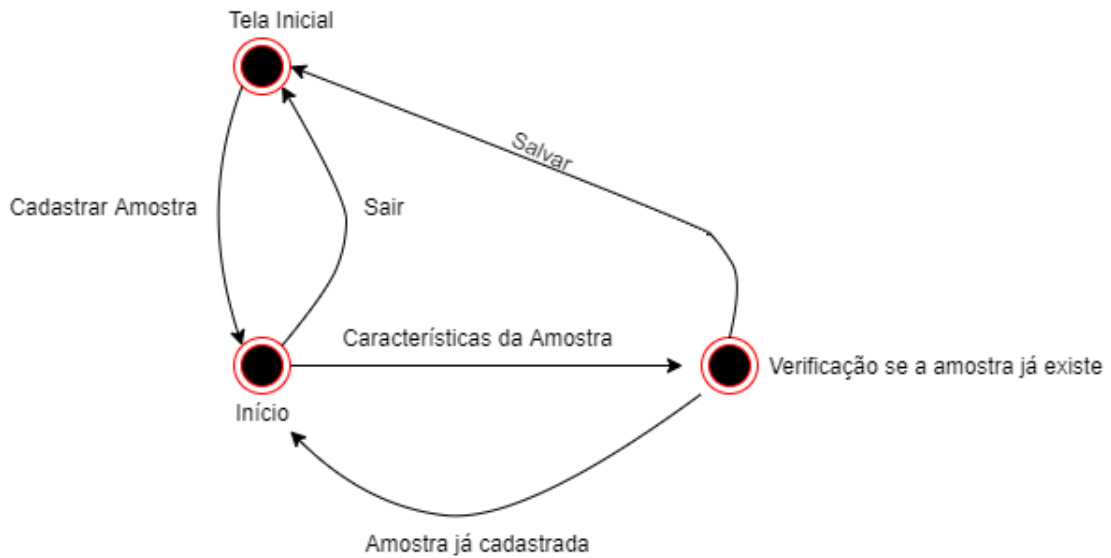


Figura 28 – Diagrama de estados da Tela de Cadastro de Amostras

4.3.3 Realização do Ensaio

Assim que o operador conecta o supervisor com a máquina, o painel de ensaios é habilitado. Este painel possui cinco botões: Seleção de script, pesquisar ID, seleção de sensor e sentido de giro.

O botão de seleção de scripts mostra uma lista dos scripts cadastrados, o operador deve selecionar um deles para iniciar o ensaio. A opção pesquisar ID é para que o operador possa recuperar o ID de uma amostra e se certificar que está escolhendo o corpo de prova correto, disponibilizando todas as informações da amostra. No botão de seleção de sensor existem três possibilidades: Encoder como opção padrão, um extensômetro e dois extensômetros. Completando o painel, temos o sentido de giro, que vai depender do tipo de ensaio realizado, por exemplo: Nos ensaios de compressão o travessão deve se mexer para baixo, por outro lado, nos ensaios de tração ele deve ir para cima.

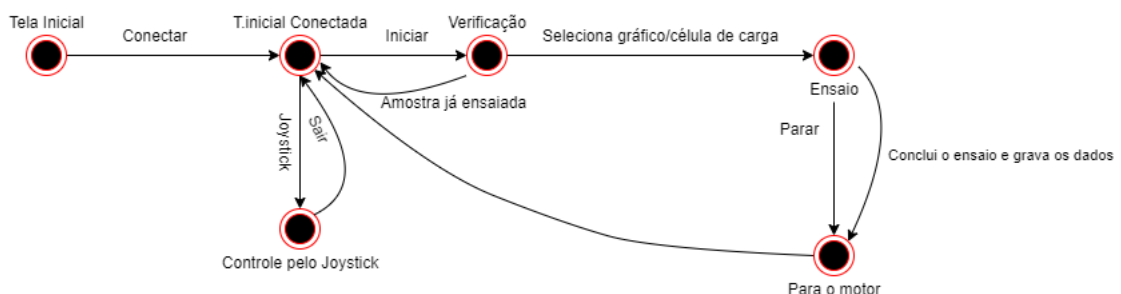


Figura 29 – Diagrama de estados das funções do Ensaio

4.3.4 Tratamento de Dados

Essa função é dedicada para tratar os dados de ensaios já realizados. As funcionalidades incluem: visualização de gráficos, realização de cálculos e relatórios.

Na função de visualização de gráficos, o usuário deve inserir o Id da amostra ensaiada, então o programa irá recuperar os dados do banco de dados e apresentar o gráfico. Após traçar o gráfico, o usuário terá a opção de marcar os cursores para calcular o módulo de elasticidade (MOE) e a tensão no limite proporcional (Tlp).

Os relatórios, são exportados para um arquivo excel, onde o relatório individual tem como objetivo exibir os dados de um ensaio em tempo real e o consolidado exibe um apanhado geral de informações de uma amostra ou de um projeto, que será mostrado mais adiante.

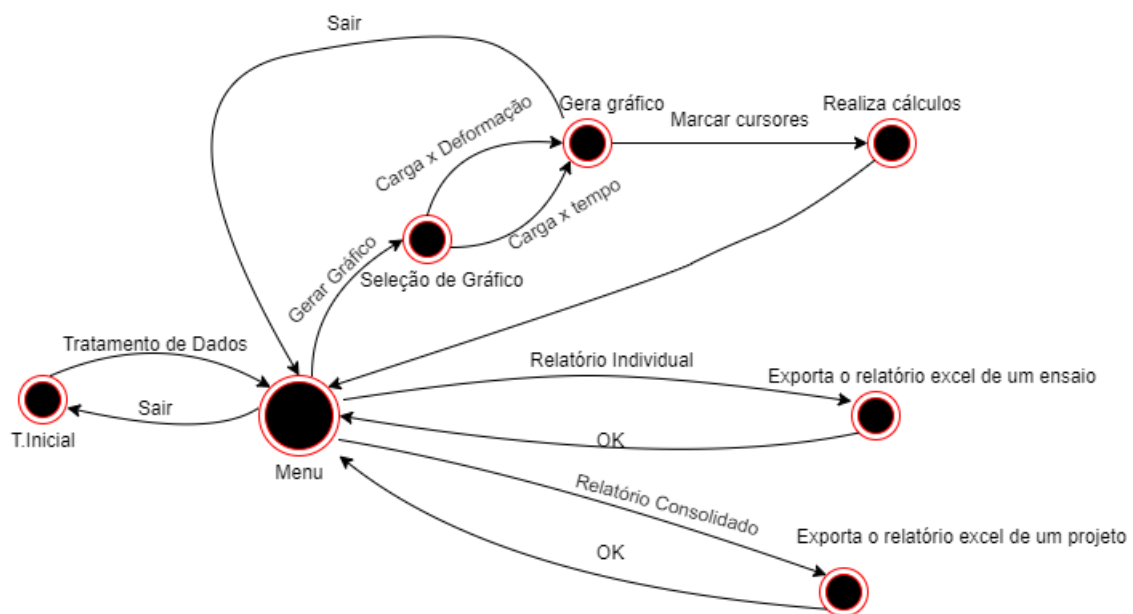


Figura 30 – Diagrama de estados dos Tratamentos de Dados

4.4 CALIBRAÇÃO

A calibração é essencial para todo tipo de equipamento que faz aferições. No caso das máquinas universais de testes, calibram-se as células de carga. O procedimento é feito medindo a tensão de saída da célula e a força que a mesma está aplicando através de um dinamômetro apropriado. Obtendo medidas de tensão para várias cargas diferentes (em Kgf), traça-se uma curva. É de fundamental importância que o supervisor possua uma ferramenta para receber os coeficientes da curva para que ao aferir um valor de tensão, possa interpretar o valor da carga correspondente. A calibração deve ser feita por um operador especializado, portanto essa função exige login e senha do administrador.

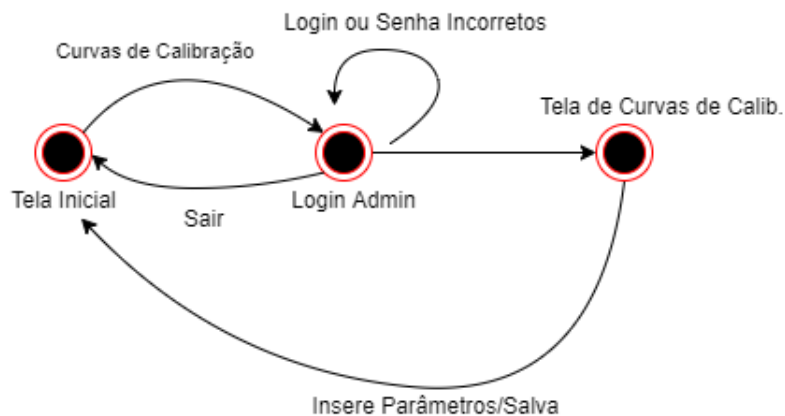


Figura 31 – Diagrama de estados das curvas de calibração

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até este ponto do trabalho, o supervisório foi discutido de maneira conceitual. O próximo capítulo será dedicado ao desenho do experimento, que trará o passo a passo da realização do projeto baseado na metodologia, mostrando e destrinchando a parte prática.

5 DESENHO DO EXPERIMENTO

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo serão descritos os passos seguidos no projeto com base nos tópicos apresentados na metodologia para conseguir programar o supervisor e integrá-lo com os equipamentos como mostrado no esquemático da figura 32.

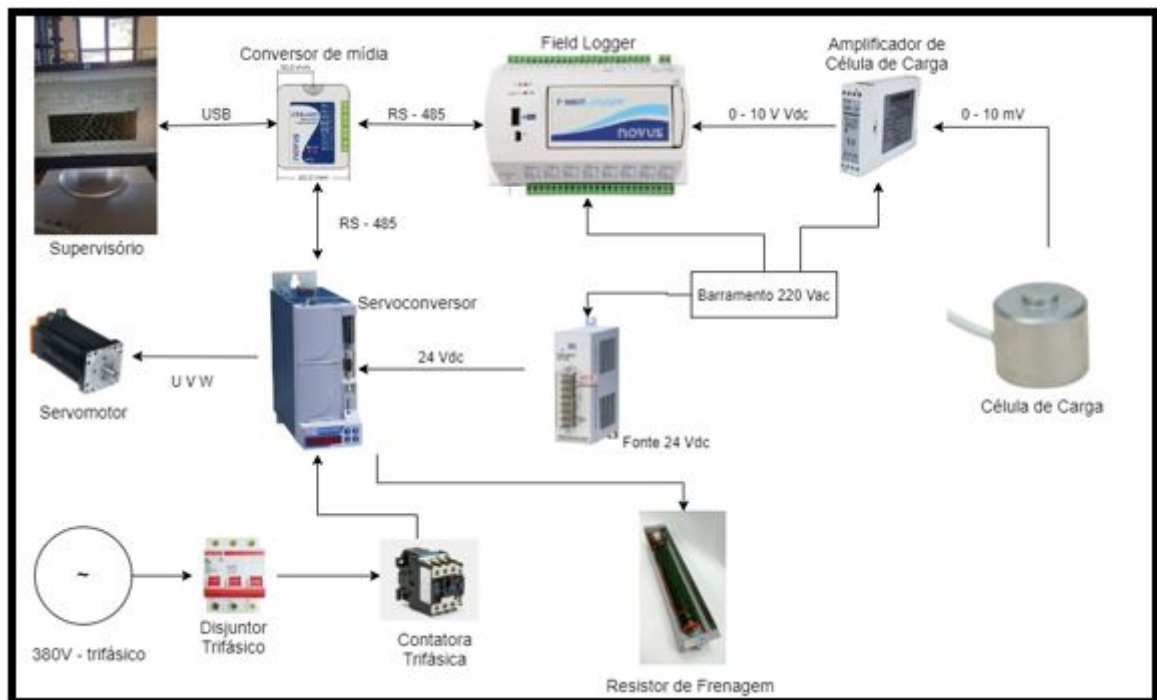


Figura 32 – Diagrama esquemático da parte de controle da Instron 1127

5.2 PASSO 1: REVISÃO DE DOCUMENTOS

5.2.1 Amplificador de célula de Carga (Bitec)

Esta pesquisa foi relacionada aos valores de tensão de entrada e saída do amplificador, pois eles se relacionam aos valores de carga das células de carga. Se tomarmos como base a célula de 25 Toneladas, teremos 0 V como 0 Toneladas e 10 V como 25 Toneladas na saída do amplificador (0 V a 100mV na entrada).



Figura 33 – Amplificador de célula de carga TCA 500

5.2.2 Field Logger (Novus)

Neste equipamento ocorrerá a interpretação dos valores de tensão vindos do amplificador, para que ele construa o gráfico tensão(V) x tempo(s) que é transmitido em tempo real para o supervisor, onde os valores de tensão são convertidos em carga quando ocorre um ensaio. A pesquisa foi relacionada principalmente a como configurar o Field Logger como um escravo da rede ModBus RS – 485 e como construir o gráfico mencionado utilizando os dados analógicos que vindos do amplificador e transmitidos pela rede.



Figura 34 – Field Logger

5.2.3 Servoconversor SCA06 (WEG)

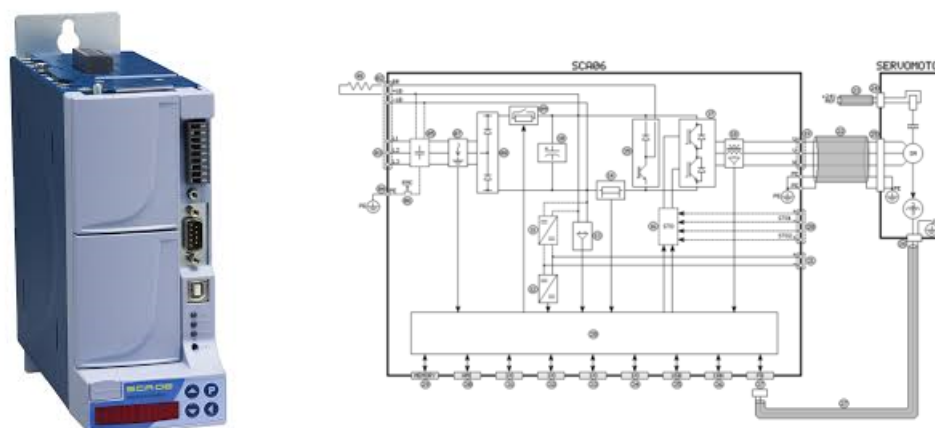


Figura 35 – Servoconversor SCA06

O servoconversor SCA06 neste projeto é o escravo da rede que se comunica diretamente com o motor, portanto a pesquisa foi relacionada aos códigos da rede Modbus que servem para enviar comandos para o motor (Ligar, determinar velocidade, parar, etc), o manual utilizado é o da figura abaixo:

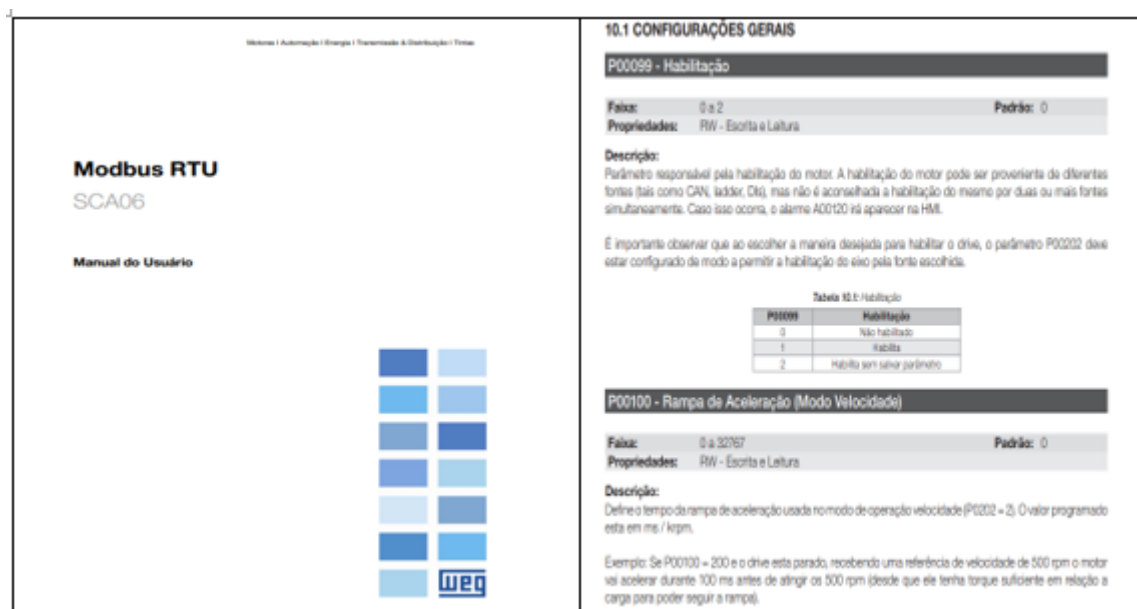


Figura 36 – Manual de comandos Modbus RTU (WEG)

5.3 Conversor de mídia (Novus)

O conversor de mídia USB i485 é utilizado no projeto para converter os barramentos da rede ModBus RTU RS485 em saída USB para viabilizar a conexão dos escravos da

rede ModBus ao computador onde o supervisor está instalado.



Figura 37 – Conversor USB

5.4 PASSO 2: ENTREVISTAS

Realização de entrevistas informais com os responsáveis pelos projetos que envolvem as máquinas universais de testes do LPF, para entender como é o trabalho dos operadores e assim planejar de forma pontual, as melhorias necessárias. Durante todo o processo, foram feitas perguntas no sentido de ajustar algumas questões, como por exemplo:

- Formato dos Scripts;
- Dados necessários no cadastro de uma amostra;
- Quais os tipos de gráficos;
- Formato dos relatórios;
- Quais grandezas deveriam ser calculadas e quais as fórmulas correspondentes a cada uma delas para cada tipo de ensaio;

5.5 PASSO 3: INSPECIONAR E ORGANIZAR PROBLEMAS RELATADOS

Antes do início deste trabalho, havia uma versão inicial desenvolvida apenas para testar a integração dos elementos de hardware com o LabView 1. Porém, para conseguir

cumprir a rotina de trabalho descrita no tópico 2.7.1, o software necessitava ser acrescido de diversas melhorias. Após a realização das entrevistas e um minucioso estudo da versão anterior, foi detectado que o supervisor necessitava das seguintes melhorias:

- Espaço para a criação de Scripts automáticos;
- Espaço para o cadastro de usuários e amostras;
- Gráfico do ensaio;
- Relatórios;
- Realização de cálculos;
- Espaço para realizar a calibração das células de carga;
- Criação de dispositivos de segurança via software (Ex: limite de carga máxima);

Além das melhorias de software, alguns ajustes de hardware também se mostraram necessários para um bom funcionamento da máquina:

- Instalação de um botão de emergência, caso houver alguma pane no sistema;
- Instalação de uma contadora para aumentar a segurança dos equipamentos e integrá-la ao botão de emergência;
- Organização dos equipamentos em um painel;

5.6 PASSO 4: PROJETAR HARDWARE E SOFTWARE

Após detectar as limitações do software anterior, estudar a fundo o funcionamento do software da outra máquina e realizar entrevistas, iniciou-se o desenvolvimento do novo programa desenvolvido em LabView, paralelamente à montagem do painel elétrico. A sequência de desenvolvimento foi:

5.6.1 Banco de Dados

- Cadastro de usuários;
- Cadastro de Amostras;
- Cadastros de curvas de calibração;
- Tabela com dados de cada um dos ensaios;

5.6.2 Telas

- Reformulação completa da tela principal;
- Criação da tela de login e cadastro;
- Criação da tela de cadastro de amostras;
- Criação do menu de scripts que contém: cadastro de scripts, pesquisa de scripts e apagar scripts;

5.6.3 Painel de Ensaio

- Pesquisar amostra;
- Selecionar script;
- Selecionar ID;
- Selecionar sensor;
- Selecionar célula de carga;
- Selecionar tipo de gráfico;

5.6.4 Processo de ensaio

- Desenvolvimento de uma estrutura para fazer o caminho de dados entre os scripts e elementos como motor e o produtor- consumidor.

5.6.5 Estrutura Produtor- Consumidor

- Desenvolvimento da estrutura produtor consumidor para três diferentes tipos de Script: Setpoint de deslocamento, setpoint de carga e carga estabilizada.

5.6.6 Tratamento de Dados

- Criação das VI's geradoras de relatórios em excel, sendo estes relatórios Individuais (colhendo os dados em tempo real dos ensaios) e relatório consolidado;
- Criação da VI de recuperação dos gráficos dos ensaios, incluindo as funções de calcular o Módulo de Elasticidade (MOE) e Tensão no limite proporcional (Tlp), que após calculadas são acrescentadas ao relatório consolidado;

5.6.7 Calibração

- Criação da VI de curvas de calibração das células de carga;

5.6.8 Painel elétrico

Um dos requisitos do projeto era a organização dos equipamentos em um painel. Na figura abaixo há uma foto do painel ainda em processo de montagem, antes de ser colocado em definitivo na caixa da eletrônica da máquina. Pode-se observar nessa imagem os componentes citados na seção 5.2, o Field Logger, o amplificador e o Servoconversor.

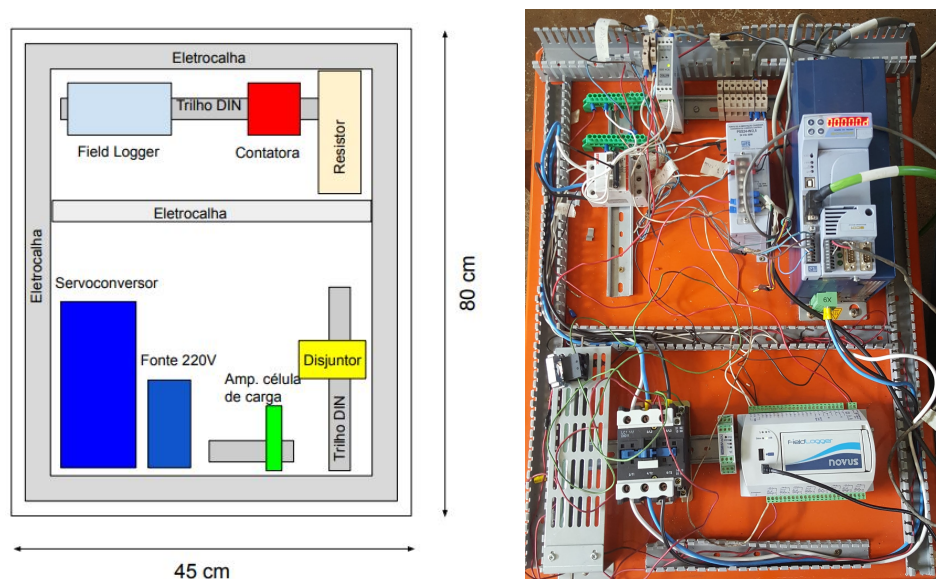


Figura 38 – Painel elétrico em processo de montagem

5.7 PASSO 5: IDENTIFICAÇÃO DE MERCADORIA

- Realização das compras do botão de emergência e contatora;



Figura 39 – Contatora e botão de Emergência - Mercado Livre

5.8 PASSO 6: EXECUÇÃO

Neste passo será exibido como foram as etapas da execução do projeto, baseado nos tópicos listados no passo 4, com aprofundamento em algumas partes relevantes do projeto.

5.8.1 Banco de Dados

Para a realização deste projeto, a ferramenta disponibilizada foi o Microsoft Access, um programa de gerenciamento de bancos de dados pertencente ao pacote Office.

5.8.1.1 Tabela de Cadastro de Usuários

Com o objetivo de armazenar nomes de usuários e senhas para o supervisor, foi criada a tabela de cadastros. Na tabela abaixo, observa-se exemplos de usuários cadastrados em um dos testes.

Cadastros			
Código	Login	Senha	Click to Add
35	pedro	987	
36	gerardo	123	
37	joao	maria	
*	(New)		

Figura 40 – Tabela de cadastros

5.8.1.2 Tabela de Cadastro de Amostras

Na tabela abaixo, observamos as especificações de algumas amostras, dados estes que são importantes para identificar uma amostra por características, por exemplo: ID, projeto, espécie, etc.

Amostras										
ID	Norma	Espécie	Condição	Tipo_de_Ensaio	Comprimento_L	Altura_H	Largura_B	Massa	Data	Projeto
carga_pesada		aroeira	Seco	Compressão Paralela	1	3	2	100	15/7/2019	toco
amostra 2		algum_toco	Verde	Compressão Paralela	10	10	10	100	15/7/2019	toco
amostra2		alguma_amostra	Verde	Compressão Paralela	10	10	10	10	15/7/2019	toco
amostra3		marrom	Verde	Compressão Paralela	10	10	10	10	15/7/2019	toco
amostra4		marrom	Seco	Compressão Perpendic	20	5	5	0	15/7/2019	toco
amostra5		pinus	Seco	Não Cadastrado	20	5	5	100	15/7/2019	toco
amostra6		pinus	Seco	Não Cadastrado	10	5	20	0	15/7/2019	toco
amostra7		árvore	Seco	Compressão Paralela	5	20	5	0	16/7/2019	toco

Figura 41 – Tabela de cadastros de amostras

5.8.1.3 Cadastro de Curvas de calibração

Assim que o técnico responsável atribui os coeficientes da curva $Ax^2 + Bx + C$ de calibração das células de carga (obtidos experimentalmente) são salvos na planilha abaixo

para que o supervisor converta os sinais vindos da rede Modbus em valores de carga, em Kgf. Abaixo há uma tabela com alguns exemplos:

Curvas						
Código	ID	Data	A	B	C	Click to Add
13	2 toneladas	30/5/2019	0	1	2	
19	30 Kg	25/7/2019	5	6	7	
21	25 toneladas	29/7/2019	-22,153	2140,8	22,235	
22	500 Kg	30/7/2019	1	2	3	

Figura 42 – Tabela de coeficientes de curvas de calibração

5.8.1.4 Tabela de Parâmetros de Scripts

Esta tabela armazena os parâmetros de Scripts cadastrados para utilizar no ato da realização do ensaio. A taxa de rampa (velocidade ou carga) é recuperada da tabela e passada diretamente para o motor por meio da rede Modbus, enquanto parâmetros como setpoint e condição após setpoint limitam o tempo de execução da estrutura produtor-consumidor que será mostrada mais adiante. Na tabela existem valores booleanos (0 ou 1) para indicar condições (por exemplo tipo de rampa), e números reais que indicam o valor em si dessas grandezas.

Scripts							
Código	nome_do_script	tipo_de_rampa	taxa_da_rampa	tipo_de_set	setpoint	cond_apos	tempo
31	teste_real	0	0,5	0	2	0	0
57	setpoint_carga_parar	0	0,5	1	500	0	0
58	setpoint_carga_estabil	0	0,5	1	4000	1	20
59	Mario_teste	0	0,5	1	5000	0	0
60	Pedro_teste	0	1	0	2	0	3
61	adqwdqd	0	2	0	22	0	33
62	new_script	0	2	0	60	1	5
63	sript_teste	0	1	1	1000	0	0
64	script_teste	0	2	0	30	0	0
65	Script_teste2	0	3	0	60	0	0
66	Script_teste3	1	3	1	60	1	2

Figura 43 – Tabela de scripts

5.8.1.5 Tabela de Ensaio

A tabela de ensaios preenchida com os dados após o ensaio ser concluído. Ela possui os dados da amostra cadastrada e parâmetros pós ensaio como carga máxima, MOR (módulo de ruptura), MOE (módulo de elasticidade) e TLP (tensão no limite proporcional). Estes valores servem como base para gerar o relatório consolidado, que será mostrado mais adiante.

Ensaios										
Código	Projeto	ID	Teste	Norma	Operador	Data	Condicao	Especie	Comprimento_L	Largura_b
1572	toco	amostra2	Compressão Paralela		eita	15/7/2019	Verde	alguma_amostr	10	10
1576	toco	amostra3	Compressão Paralela		eita	15/7/2019	Verde	marrom	10	10
1578	toco	amostra4	Compressão Perpendicular		eita	15/7/2019	Seco	marrom	20	5
1579	toco	amostra6	Não Cadastrado		eita	15/7/2019	Seco	pinus	10	20
1582	Não indicado	amostra8			eita	16/7/2019	Verde		0	0
1583	toco	amostra10	Não Cadastrado		eita	16/7/2019	Verde	madeira	1	20
1584	Não indicado	amostra11	Não Cadastrado		eita	16/7/2019	Verde		0	0
1585	Não indicado	joy	Não Cadastrado		eita	18/7/2019	Verde		0	0

Altura_h	vao_a	Massa	Carga_Maxima	MOR	MOE	TLP
10	0	10	10086,8324	100,868324	1045,95008824	72,071576
10	0	10	9747,8642	97,478642	877,316566371	87,55838
5	0	0	4044,491	0	0	106,673984
5	0	0	4066,2596	0	0	0
0	0	0	35,95880000000007	0	0	0
15	0	0	4762,8548	0	0	0
0	0	0	5223,1052	0	0	0
0	0	0	10046,405	0	0	0

Figura 44 – Tabela de ensaios

5.8.1.6 Tabela de ensaios em tempo real

Com o objetivo de agilizar o tempo de execução dos tratamentos de dados e do gerador de relatórios, para cada ensaio é gerada uma tabela diferente com os dados em tempo real. Na figura 45 pode-se observar um recorte. As unidades são: Carga em Kilograma-força (Kgf), Deformação em milímetros (mm) e tempo em segundos (s).

Cadastro			
Amostras			
Curvas			
teste_mario2			
amostra2			
ID	Carga	Deformacao	tempo
amostra2	26,62940000000007	1,11977736155192E-02	0
amostra2	26,62940000000007	1,11977736155192E-02	0,56249284744
amostra2	29,73920000000007	2,17445135116577E-02	0,96873760223
amostra2	29,73920000000007	2,17445135116577E-02	1,29685831069
amostra2	32,84900000000007	2,66923666000366E-02	1,64060401916
amostra2	32,84900000000007	2,66923666000366E-02	1,96872472763
amostra2	32,84900000000007	3,04683605829875E-02	2,31247043609
amostra2	32,84900000000007	3,04683605829875E-02	2,65621614456
amostra2	32,84900000000007	3,04683605829875E-02	3,01558637619
amostra2	35,95880000000007	4,11453088124593E-02	3,34370708465
amostra2	35,95880000000007	4,11453088124593E-02	3,67182826995
amostra2	35,95880000000007	4,85670884450277E-02	4,18744659423
amostra2	35,95880000000007	4,85670884450277E-02	4,54681682586
amostra2	32,84900000000007	5,54680387179057E-02	5,12493467330
amostra2	32,84900000000007	5,54680387179057E-02	5,57805347442
amostra2	32,84900000000007	5,54680387179057E-02	5,93742418289
amostra2	32,84900000000007	6,78376754124959E-02	6,68741464614
amostra2	32,84900000000007	7,18740820884705E-02	7,04678487777
amostra2	32,84900000000007	7,18740820884705E-02	7,37490558624
amostra2	35,95880000000007	7,91656533877055E-02	7,95302343368
amostra2	35,95880000000007	7,91656533877055E-02	8,31239366531
amostra2	35,95880000000007	8,52853655815125E-02	8,67176389694
amostra2	35,95880000000007	8,52853655815125E-02	8,99988508224
amostra2	35,95880000000007	8,52853655815125E-02	9,53112792968

Figura 45 – Tabela de dados de ensaio em tempo real

5.8.2 Interface

Neste tópico serão exibidas as janelas que foram introduzidas no capítulo 4 na forma de diagramas de estado e também serão mostrados alguns diagramas de blocos desenvolvidos a partir do software LabView, comparando com a versão anterior do software em alguns casos para comprovar a evolução do produto. As principais estruturas mostradas neste tópico serão melhor explicadas no **Anexo A** na forma de pseudocódigos¹

5.8.2.1 Tela Login e Cadastro

Este ambiente de Login foi pensado com o objetivo de oferecer segurança para o equipamento e certificar de que somente o pessoal cadastrado possa operar a máquina. Existem dois tipos de usuários com acesso ao supervisor: Os operadores, que possuirão cada um deles um login e senha, e o administrador que possuirá o login e senha de administrador para realizar algumas tarefas específicas. Observa-se na figura abaixo a primeira tela exibida ao abrir o supervisor:



Figura 46 – Tela login

Caso o usuário possua um cadastro, basta digitar o login e senha e clicar no botão Login para ter acesso ao supervisor, caso não possua, basta clicar no botão cadastro e será direcionado para a tela de Login do administrador para que este possa autorizar o cadastro do novo operador.

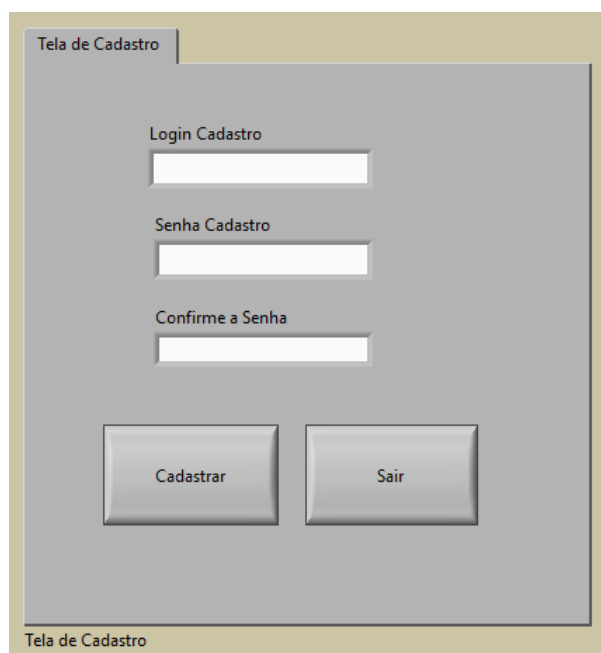
¹ Pseudocódigo é uma forma genérica de escrever um algoritmo, utilizando uma linguagem simples (nativa a quem o escreve, de forma a ser entendida por qualquer pessoa) sem necessidade de conhecer a sintaxe de nenhuma linguagem de programação- Wikipedia.



The image shows a login interface for an administrator. It features a title bar at the top labeled 'Tela Admin'. Below the title bar, there are two input fields: 'Login Admin' and 'Senha Admin'. At the bottom of the interface, there are two buttons: 'Login' and 'Sair'. The entire interface is set against a light gray background with a gold border.

Figura 47 – Tela login admin

Na imagem abaixo, observa-se que o novo usuário deverá escolher um nome para logar, uma senha, e por último, confirmar a senha para se certificar que digitou a senha escolhida corretamente.



The image shows a registration interface. It features a title bar at the top labeled 'Tela de Cadastro'. Below the title bar, there are three input fields: 'Login Cadastro', 'Senha Cadastro', and 'Confirme a Senha'. At the bottom of the interface, there are two buttons: 'Cadastrar' and 'Sair'. The entire interface is set against a light gray background with a gold border.

Figura 48 – Tela de cadastro

5.8.2.2 Tela Principal

Na figura abaixo, observa-se a tela principal. Um layout pensado para ser intuitivo aos olhos dos operadores, com todas as funções bem destacadas e de fácil acesso.

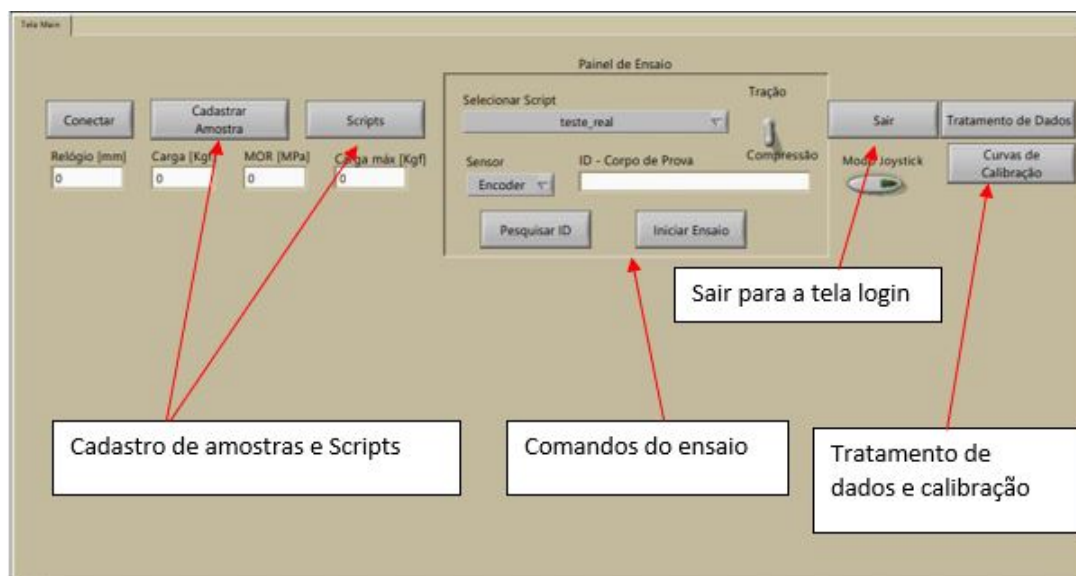


Figura 49 – Tela principal

Como explicado no capítulo 4, assim que o usuário pressiona o botão conectar, as funções do painel de ensaio são habilitadas, funções como: Joystick, seletor tração/compressão e principalmente, iniciar ensaio. Na figura abaixo, há um print de um frame tirado durante a realização de um ensaio.

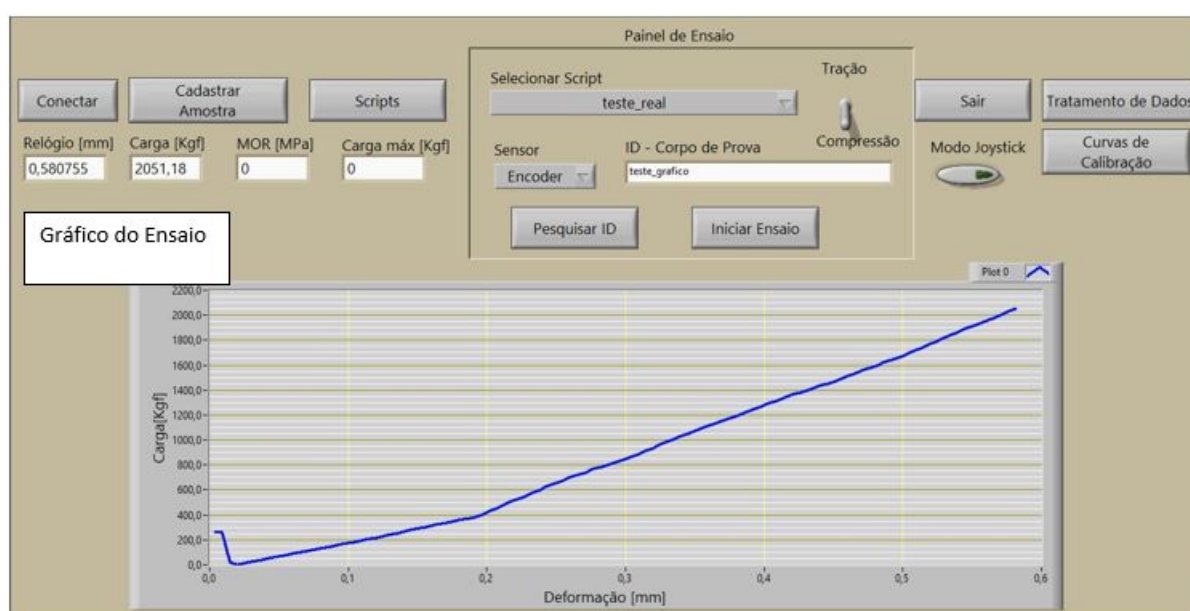


Figura 50 – Tela principal durante um ensaio

Na figura abaixo, observa-se a tela inicial da versão anterior do supervisório para efeito de comparação:

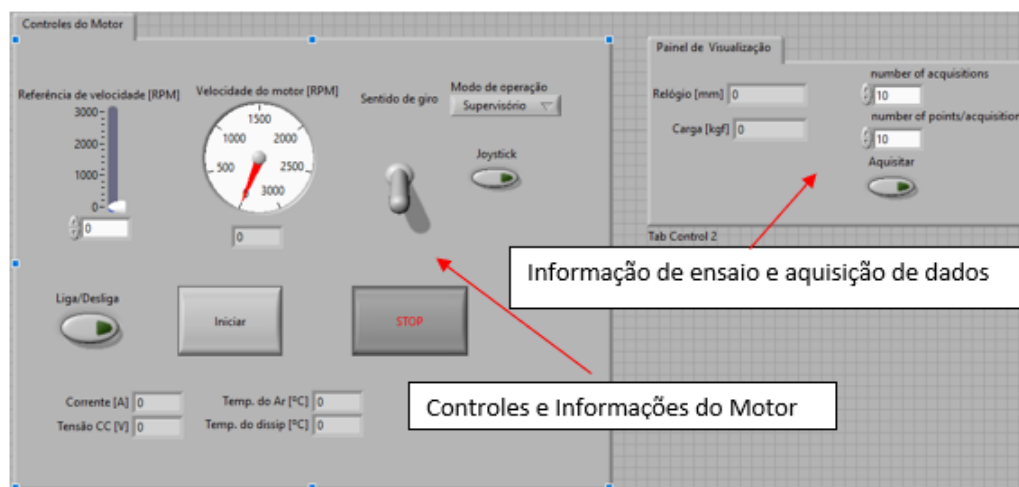


Figura 51 – Primeira versão do supervisório

Pode-se observar que houveram mudanças significativas em termos de interface de uma versão para a outra. Na versão atual foram excluídos da tela principal todos os controles relacionados ao motor (com a exceção do botão de ativação do joystick), que agora é controlado pelos scripts durante o ensaio. Conforme exibido na imagem, foram acrescentados os botões de acesso para as novas funções e o gráfico dos ensaios. Em relação à programação há semelhanças por conta do uso da máquina de estados, que foi aproveitada na versão atual acrescentando-se mais estados e mais funções dentro dos estados. Nas figuras 52 e 53 são exibidas as duas máquinas de estados.

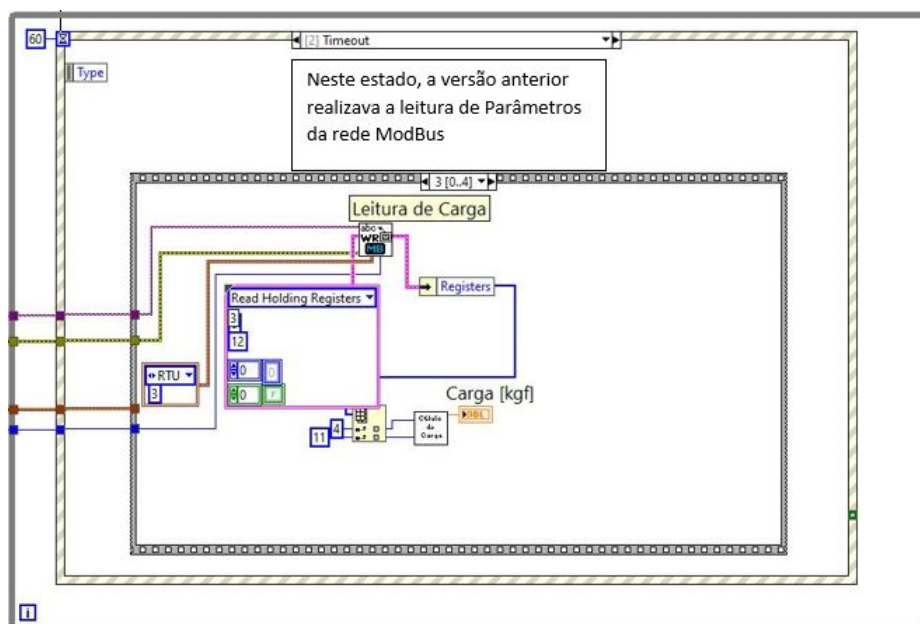


Figura 52 – Máquina de estados da versão anterior

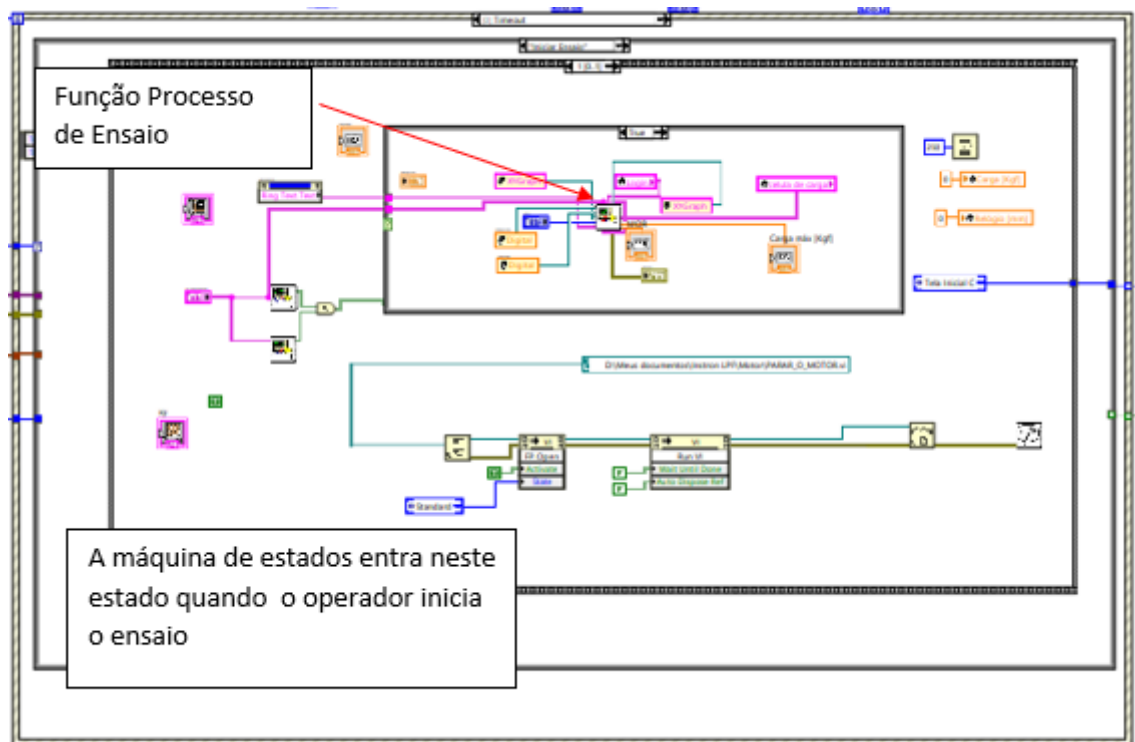


Figura 53 – Máquina de estados da versão atual

5.8.2.3 Scripts

Na tela abaixo, o operador tem a possibilidade de montar um script de ensaio para testar suas amostras. Em geral, os operadores se baseiam nas normas (ASMT, ISO e ABNT, por exemplo) para configurar os scripts.

Como mostra a figura abaixo, o primeiro ajuste determina o tipo de rampa, onde há a opção de velocidade constante e carga constante. Em seguida determina-se a taxa de variação da rampa no tempo. O próximo ajusta é o tipo de setpoint, que pode ser por deslocamento (após o travessão se mover por uma determinada distância), ou por carga (após a célula de carga detectar uma determinada carga). Por último, há a condição após o setpoint, que pode ser de parada após atingir o setpoint, ou estabilizar em uma carga por um determinado tempo.

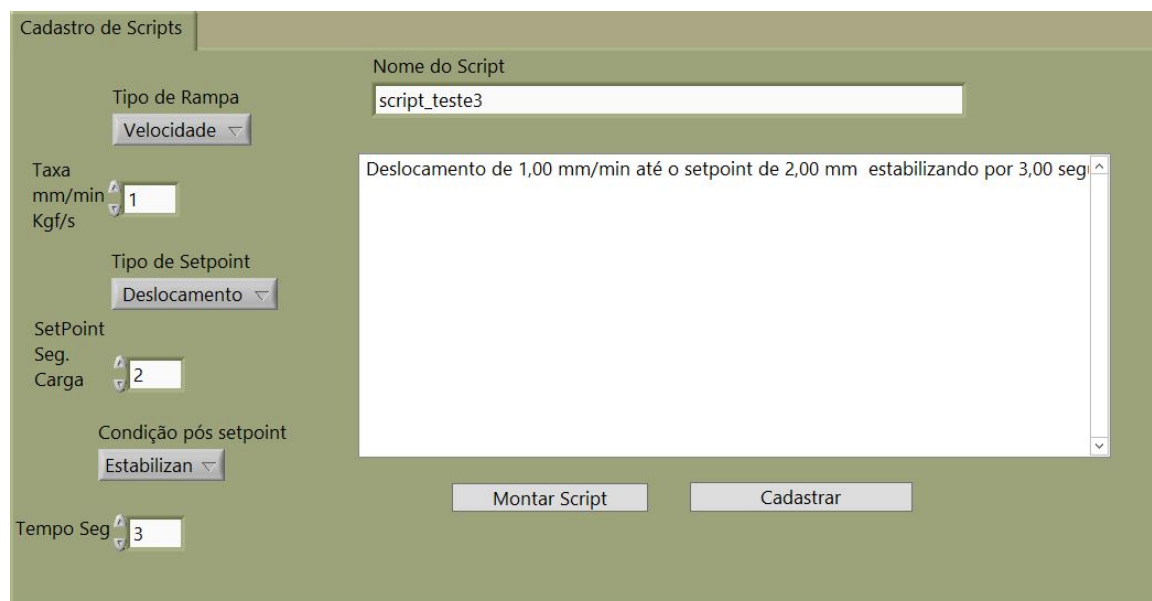


Figura 54 – Cadastro de script

Caso haja algum erro no Script, o operador pode apagar utilizando a tela da figura 55, basta solicitar que o administrador desbloqueie a função (Fig. 47).

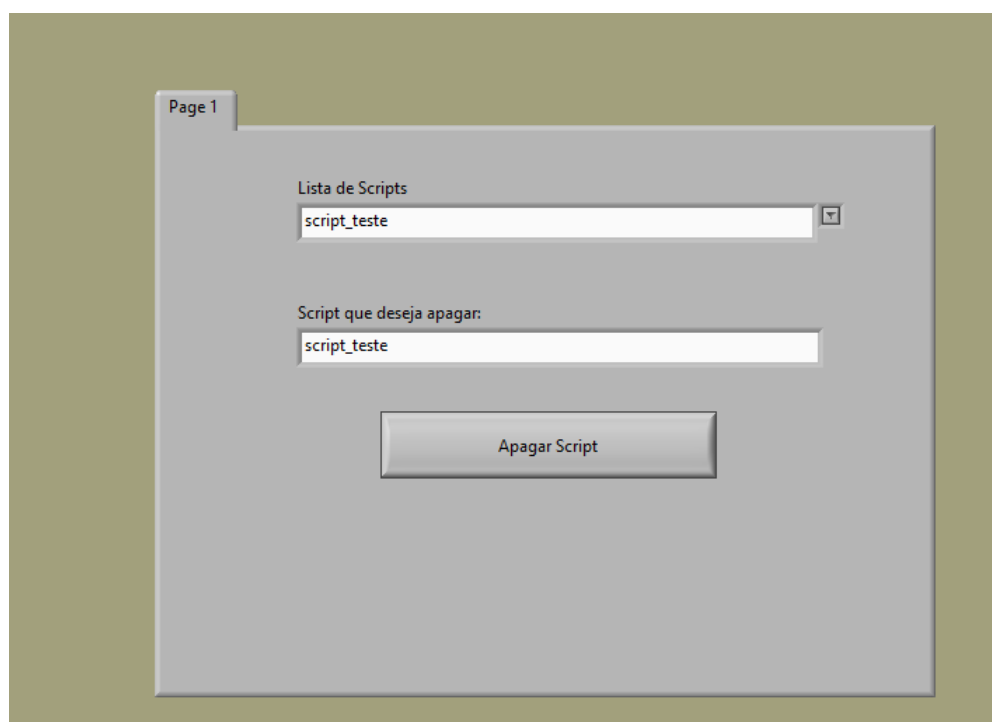


Figura 55 – Apagar script

Uma última função acrescentada relacionada aos Scripts é a de pesquisar. Caso o operador queira examinar o que aquele script faz exatamente. Esta função é mostrada na figura 56.

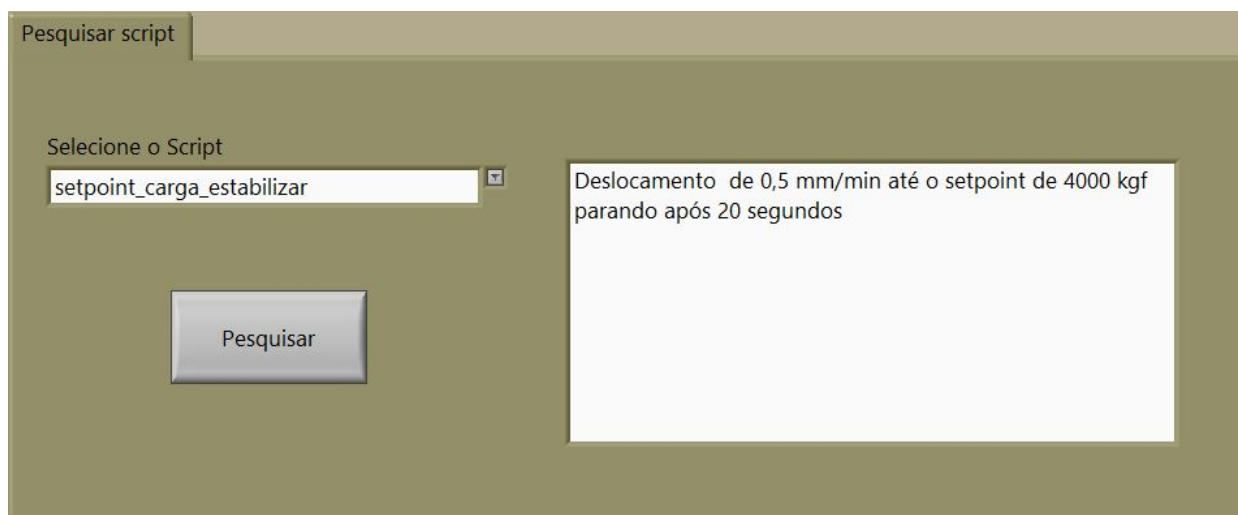


Figura 56 – Pesquisar script

5.8.2.4 Cadastro de Amostras

A tela exibida na figura abaixo, mostra como são realizados os cadastros de amostras. No primeiro campo deve ser inserido um Id, que é importante para identificar a amostra ao ensaiar e para as outras atividades que envolvam amostras. No campo abaixo pode ser inserido um nome de projeto, o que possibilita agrupar amostras. Os demais dados (comprimento, largura, altura, etc) são utilizados para os tratamentos de dados (Cálculos de grandezas MOR, MOE e TLP) e para gerar relatórios.




Figura 57 – Cadastro de amostras

5.8.2.5 Painel de Ensaio

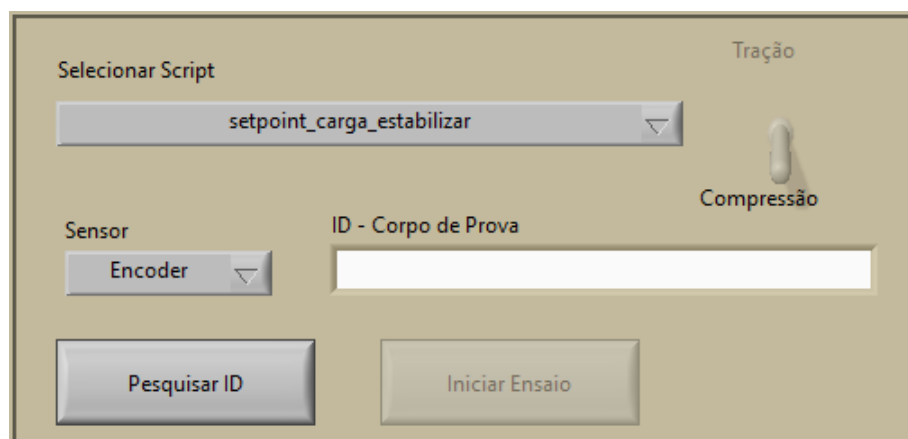


Figura 58 – Painel de ensaio

Como ilustra a figura 58, no painel de ensaio o operador tem a opção de selecionar o Script que deseja, selecionar o tipo de sensor que será utilizado no ensaio e o sentido de giro do motor. No sentido horário o travessão desce (ensaio de compressão), no sentido anti- horário o travessão sobe (ensaio de tração). Outra importante função destacada neste painel é a pesquisa de Id, onde o operador pode selecionar um projeto (Fig. 59), e todas as amostras do projeto são exibidas na tela.

Projetos

toco

Pesquisar

ID	Norma	Espécie	Condição	Tipo de ensaio	Data	Projeto
carga_pesada		aroeira	Seco	Compressão Paralela	15/7/2019	toco
amostra 2		algum_toco	Verde	Compressão Paralela	15/7/2019	toco
amostra2		alguma_amostra	Verde	Compressão Paralela	15/7/2019	toco
amostra3		marrom	Verde	Compressão Paralela	15/7/2019	toco
amostra4		marrom	Seco	Compressão Perpendicular	15/7/2019	toco
amostra5		pinus	Seco	Não Cadastrado	15/7/2019	toco
amostra6		pinus	Seco	Não Cadastrado	15/7/2019	toco
amostra7		árvore	Seco	Compressão Paralela	16/7/2019	toco

Figura 59 – Pesquisa id

Ao pressionar o botão “*Iniciar Ensaio*”, o operador se depara com duas telas, uma onde ele seleciona a célula de carga que será utilizada e a outra o tipo de gráfico que ele deseja visualizar durante o ensaio.

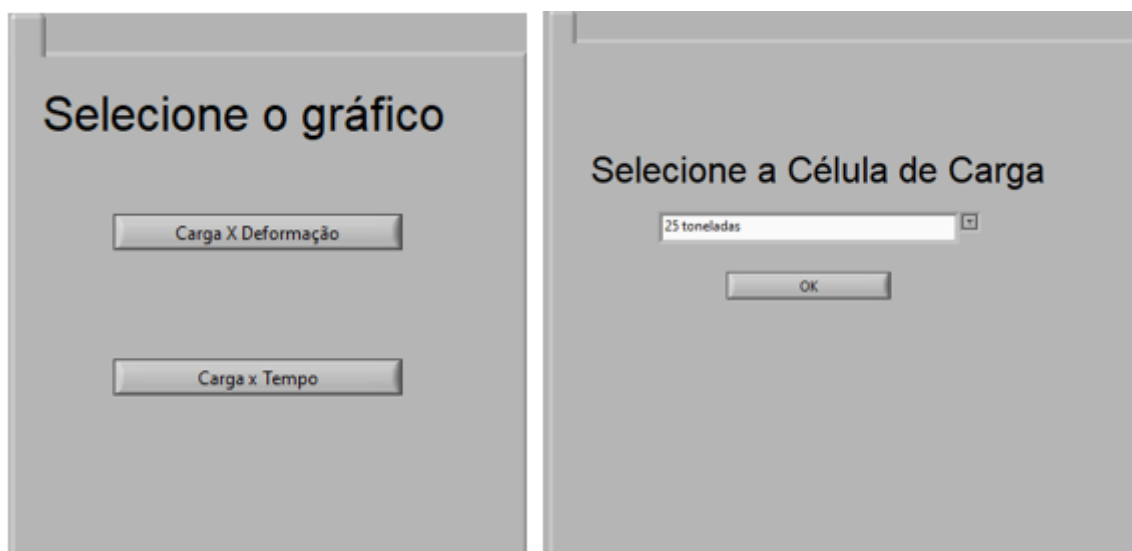


Figura 60 – Telas selecionar gráfico e célula de carga

5.8.3 Processo de ensaio

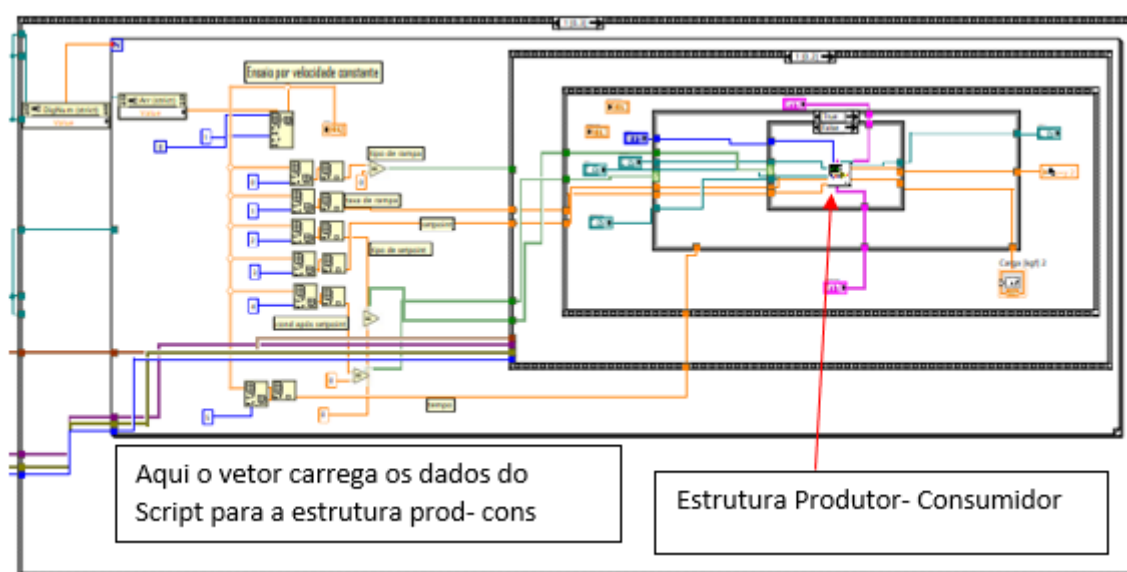


Figura 61 – Processo de ensaio

Depois que o operador inicia o ensaio, o supervisor entra nessa estrutura cujo funcionamento é basicamente importar parâmetros da tabela de scripts do banco de dados, transferí- los para a estrutura produtor- consumidor e para o motor, dando assim, o start no ensaio. Após a conclusão ela também grava os dados de ensaio no banco de dados.

5.8.3.1 Estrutura Produtor- Consumidor

A estrutura Produtor- Consumidor (disponível no Anexo A), possui grande importância na modelagem do sistema supervisor, pois é ela que conduz o ensaio. Através

desta estrutura é possível transferir os dados obtidos da rede ModBus para uma interface gráfica e os dados em tempo real de ensaio para o banco de dados. Além de realizar o caminho de dados, a estrutura contém as condições de parada dos ensaios. Ao todo, o supervisor possui três estruturas produtor- consumidor. A Primeira estrutura feita rege o ensaio dos scripts com setpoint de deslocamento (Fig. 62), porém com a necessidade de criar os scripts de setpoint de carga e carga estabilizada, foram feitas mais duas estruturas com os respectivos setpoints.

A estrutura do setpoint de deslocamento funciona da seguinte maneira: O setpoint de deslocamento é dividido pela velocidade para obter o tempo total do ensaio. Após calcular o tempo, é disparada a função "tempo decorrido", que irá cronometrar até que se atinja o tempo do ensaio que foi calculado e assim os loops param e a estrutura termina sua execução.

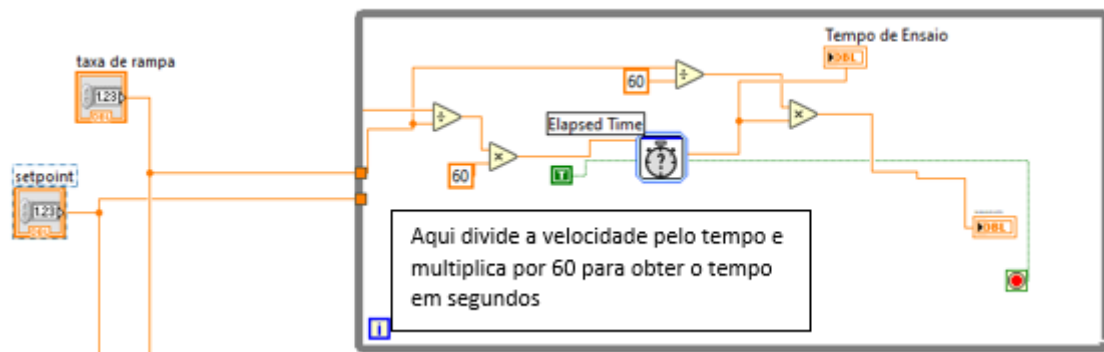


Figura 62 – Setpoint de tempo

O Setpoint de carga, funciona comparando a carga atual (lida pela rede), com a carga estipulada pelo Script. Após essa carga ser atingida os loops param e a estrutura termina a execução.

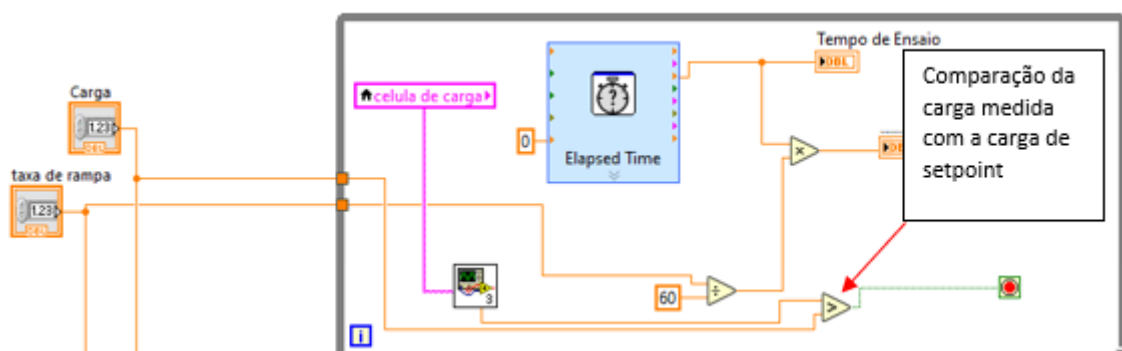


Figura 63 – Setpoint de carga

A estrutura de estabilização de carga também compara a carga lida com o setpoint

de carga, porém ao atingir o setpoint o motor é desligado para manter a quantidade de carga, então a função "tempo decorrido" é disparada até atingir o setpoint de tempo. Feito isso, a estrutura termina a execução.

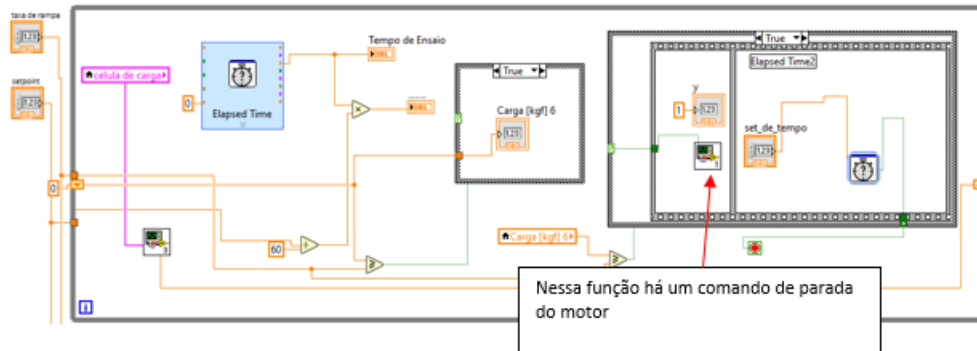


Figura 64 – Setpoint de carga estabilizada por determinado tempo

Com a exceção dos setpoints, as três estruturas funcionam de maneira semelhante. Basicamente importam dados, testam se a carga está em uma margem de segurança e passam os parâmetros para os gráficos e para o banco de dados. Caso seja identificada uma carga fora da margem de segurança (acima do limite da célula de carga), a estrutura é interrompida imediatamente, e o motor é parado.

5.8.3.2 Leitura de Parâmetros

Este programa é o responsável por requisitar os dados da rede, utilizando o endereço do Field Logger na rede ModBus e por converter os dados em carga (Kgf) utilizando a calibração das células. Esta estrutura está inserida dentro das estruturas produtor-consumidor, passando parâmetros a cada loop que ocorre no produtor-consumidor.

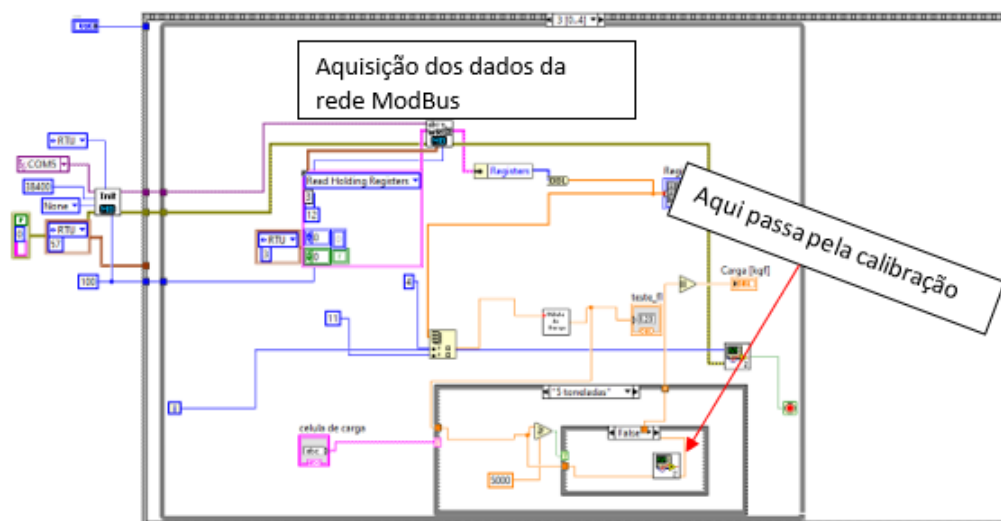


Figura 65 – Leitura de parâmetros do programa atual

O conceito já estava presente no programa anterior, porém antes a leitura de parâmetros era feita já na máquina de estados da tela principal (Figura 52). No projeto atual, foi feito um programa só para a leitura de parâmetros, para que pudesse ser instanciado na estrutura produtor- consumidor (Fig. 66).

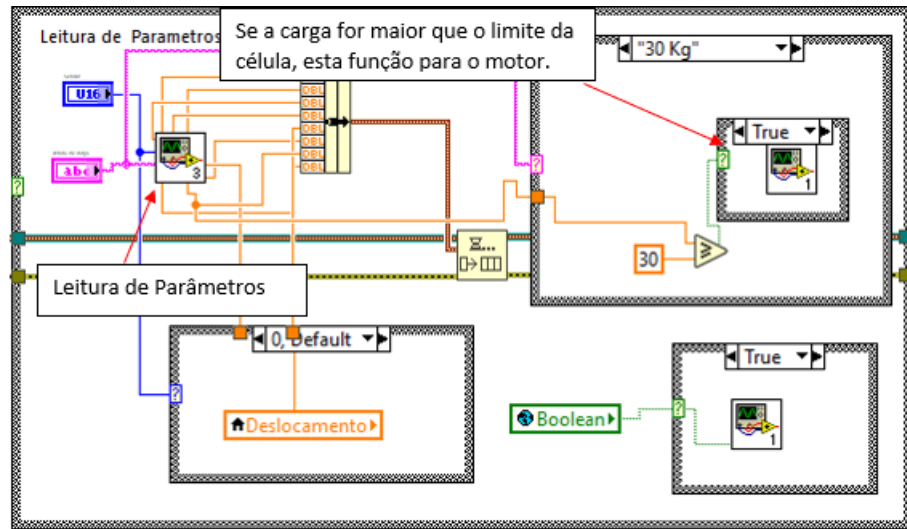


Figura 66 – Leitura de parâmetros instanciada na estrutura prod- cons

5.8.4 Calibração

Esta tela grava os coeficientes da curvas de calibração no banco de dados. As curvas são obtidas experimentalmente comparando valores de carga (medido por um dinamômetro) e comparando com os sinais de tensão (medidos na saída do amplificador TCA 500). Feito isso, a curva é obtida através do método dos mínimos quadrados, e seus coeficientes colocados aqui para serem salvos e utilizados durante o ensaio.

Figura 67 – Cadastro de calibração

Os coeficientes são recuperados no programa de leitura de parâmetros pela seguinte função:

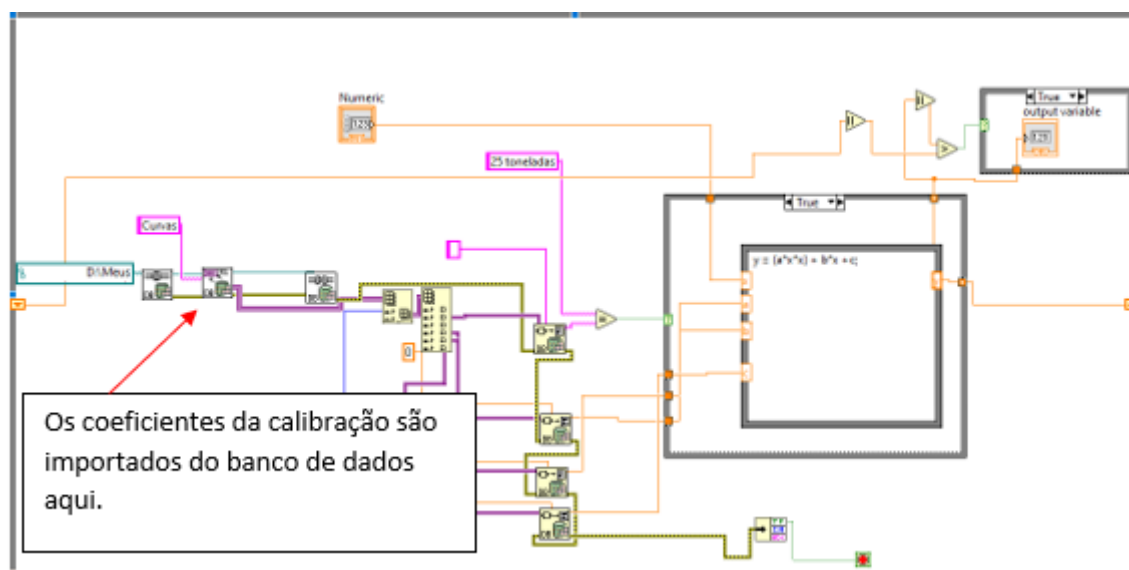


Figura 68 – Utilização dos coeficientes na equação

Na estrutura da figura 68, os valores em volts vindos da rede ModBus passam pela equação cujos coeficientes foram salvos pelo programa da figura 67, e retornam para o programa da leitura para serem passados adiante e aproveitados como valores de carga em (Kgf).

5.8.5 Tratamento de dados

Na tela principal, o supervisor oferece uma opção de tratamento de dados. Este nome é dado, pois as funções que serão descritas a seguir utilizam dados de ensaios já realizados e oferecem material de estudo sobre cada uma das amostras testadas. Como dito anteriormente, nessa opção temos relatórios, visualização de gráficos e realização de cálculos, que são o objetivo final de testar uma amostra de madeira.

5.8.5.1 Gerar Gráfico

Quando o operador seleciona essa opção, abre-se uma janela para que ele insira o ID da amostra a ser analisada (Fig 69). Caso necessite, há a opção de pesquisar pela amostra, assim como na tela principal, para não haver erro.

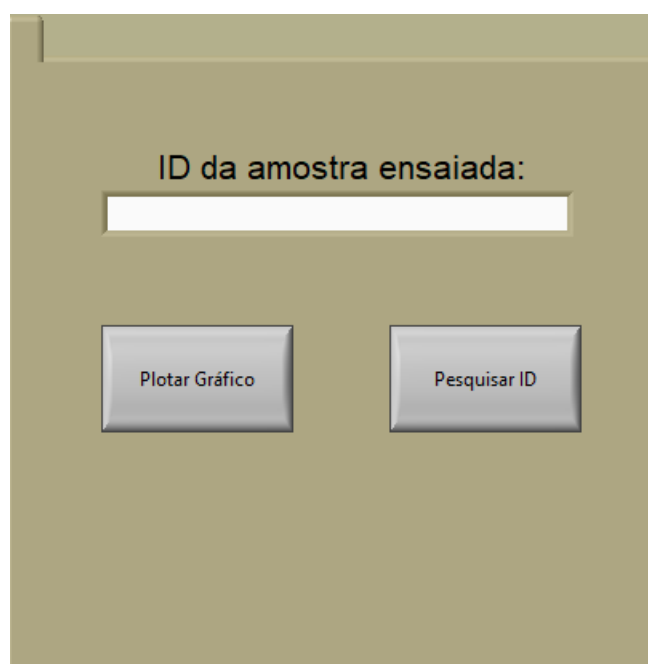


Figura 69 – Id da amostra ensaiada

Ao colocar o ID e pressionar o botão “*Plotar Gráfico*”, o gráfico da amostra é imediatamente plotado. Caso o determinado teste exija, pode-se calcular o módulo de elasticidade (MOE) e a tensão no limite proporcional (Tlp), ambos em Mega Pascal (Mpa), posicionando os cursores nos pontos corretos. Vale ressaltar que os valores passam por conversão para que saiam em MPa. Na figura abaixo, há uma ilustração de como seriam feitos o desenho do gráfico e os cálculos:



Figura 70 – Visualização de gráfico e cálculos

Como visto anteriormente, no capítulo 2, as fórmulas podem variar de teste para teste, e alguns cálculos não se aplicam para todos. Portanto, dentro deste programa de recuperação de gráficos, foram colocadas as fórmulas específicas para cada ensaio. Abaixo alguns exemplos destes casos:

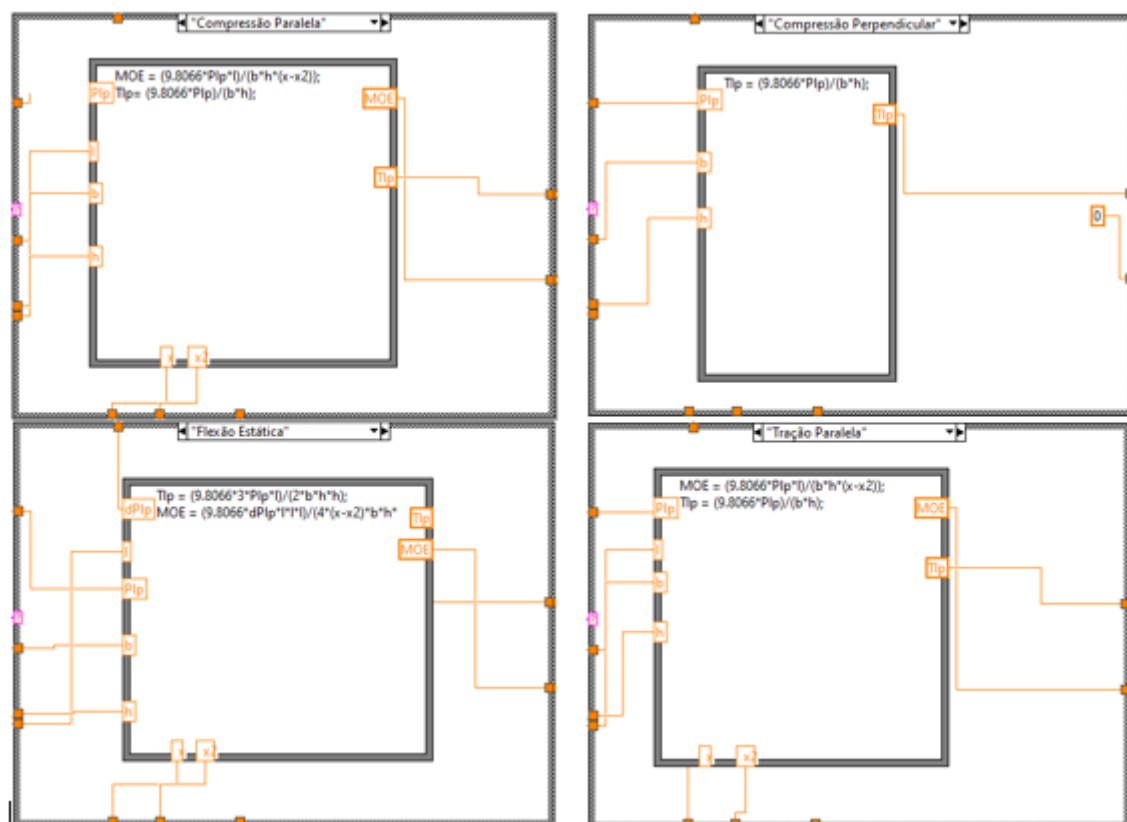


Figura 71 – Fórmulas

5.8.5.2 Relatórios

Para o estudo dos testes, são exigidos dois tipos de relatórios: Individuais e consolidados. Nos relatórios individuais são colocados os dados em tempo real dos ensaios (carga, deformação e tempo). São colhidas, aproximadamente, 3 amostras por segundo. Portanto se trata de um relatório extenso. O relatório consolidado, exibe informações consolidadas de cada um dos ensaios, por exemplo: altura, largura, operador, carga máxima, MOR, MOE, etc. Não necessariamente é feito cada um para um ensaio, pode-se fazer para um projeto completo, onde todas as amostras do projeto aparecem no relatório. Nas figuras abaixo, estão ilustrados cada um dos relatórios:

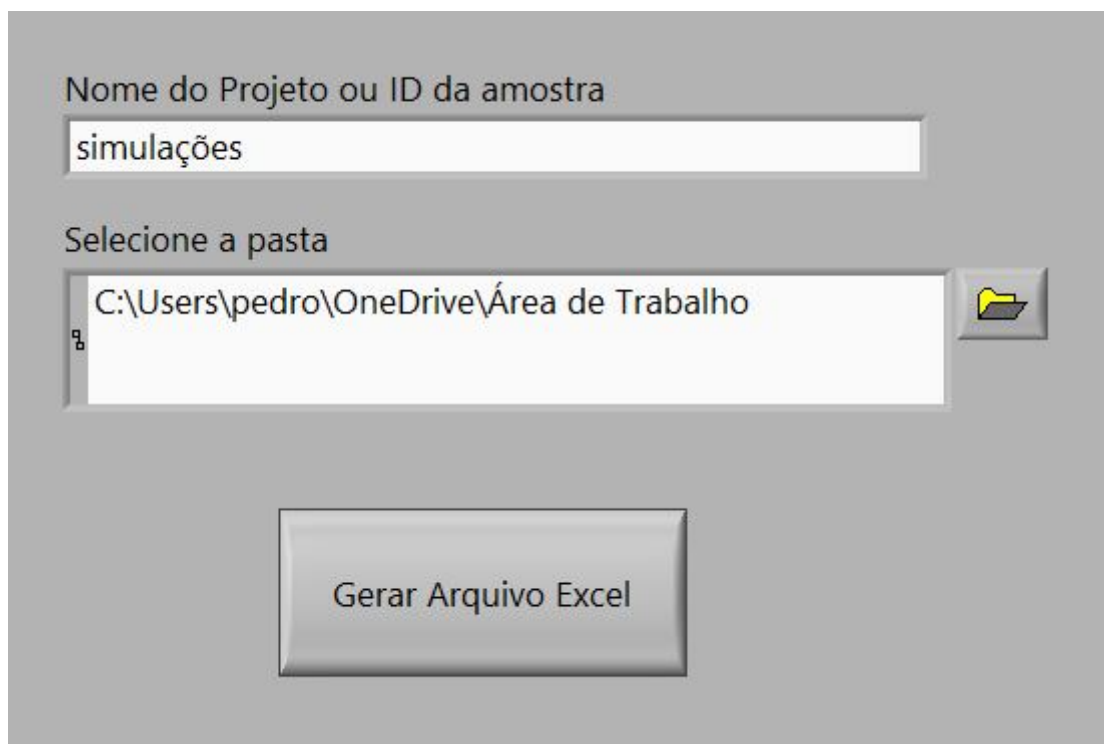
A	B	C	D
ID	Carga(Kgf)	Deformação(mm)	tempo(s)
teste	75,4808	0,014583	0
teste	77,00288	0,029167	2,15625
teste	77,76392	0,047005	4,3125
teste	77,76392	0,064844	6,453125
teste	77,76392	0,082682	8,625
teste	80,04704	0,100781	10,796875
teste	85,37432	0,11901	12,984375
teste	93,74576	0,137109	15,15625
teste	108,96656	0,155469	17,375
teste	125,70944	0,173828	19,578125
teste	144,73544	0,192188	21,75
teste	166,8056	0,210286	23,921875
teste	182,78744	0,228385	26,09375
teste	212,468	0,246615	28,28125
teste	229,97192	0,264714	30,46875
teste	255,84728	0,282943	32,625
teste	285,52784	0,300911	34,78125
teste	311,4032	0,31888	36,96875
teste	334,2344	0,33724	39,203125
teste	366,95912	0,355599	41,359375
teste	391,3124	0,373568	43,515625
teste	420.23192	0.391667	45.703125

Figura 72 – Trecho de relatório individual

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Codigo	Projeto	ID	Teste	Norma	Operador	Data	Condição	Espécie	Comprimento	Largura b	Altura h	Vao A	Massa	Carga max	MOR	MOE
1578	toco	amostra4	Compressão Perpendicular		op1	15/07/2019	Seco	marrom	20	5	5	0	0	4044,491	0	0
1579	toco	amostra6	Não Cadastrado		op2	15/07/2019	Seco	pinus	10	20	5	0	0	4066,26	0	0
1583	toco	amostra10	Não Cadastrado		op3	16/07/2019	Verde	madeira	1	20	15	0	0	4762,855	0	0
1587	toco	pau_brasil	Não Cadastrado		op4	18/07/2019	Seco	pau_brasil	20	5	5	0	0	4091,138	0	0
1593	toco	teste_real	Não Cadastrado		op5	26/07/2019	Seco	madeira	5	5	20	0	0	7872,655	0	0
1597	toco	teste2	Não Cadastrado		op6	26/07/2019	Seco	madeira	20	5	5	0	0	4075,589	0	0
1618	toco	amostra2	Compressão Paralela		op7	15/07/2019	Verde	alguma_ar	10	10	10	0	10	10086,83	100,8683	2076,48
1620	toco	amostra7	Compressão Paralela		op8	16/07/2019	Seco	árvore	5	5	20	0	0	5658,477	226,3391	135,4235
1623	toco	carga_pesada	Compressão Paralela		op9	15/07/2019	Seco	aroeira	1	2	3	0	100	4084,918	2042,459	1530,015

Figura 73 – Trecho de relatório consolidado

Em relação aos programas, ambas as telas tem bastante semelhança. O funcionamento de ambas gira em torno de importar os dados das tabelas do banco de dados e transferir para um arquivo excel. Na tela do relatório individual, o operador deve entrar com o ID da amostra, com um nome para o arquivo excel e escolher em qual pasta salvar. No relatório consolidado, pode-se utilizar tanto o ID de uma amostra como um nome de projeto. Na figura abaixo são destacadas as duas telas:



Nome do Projeto ou ID da amostra

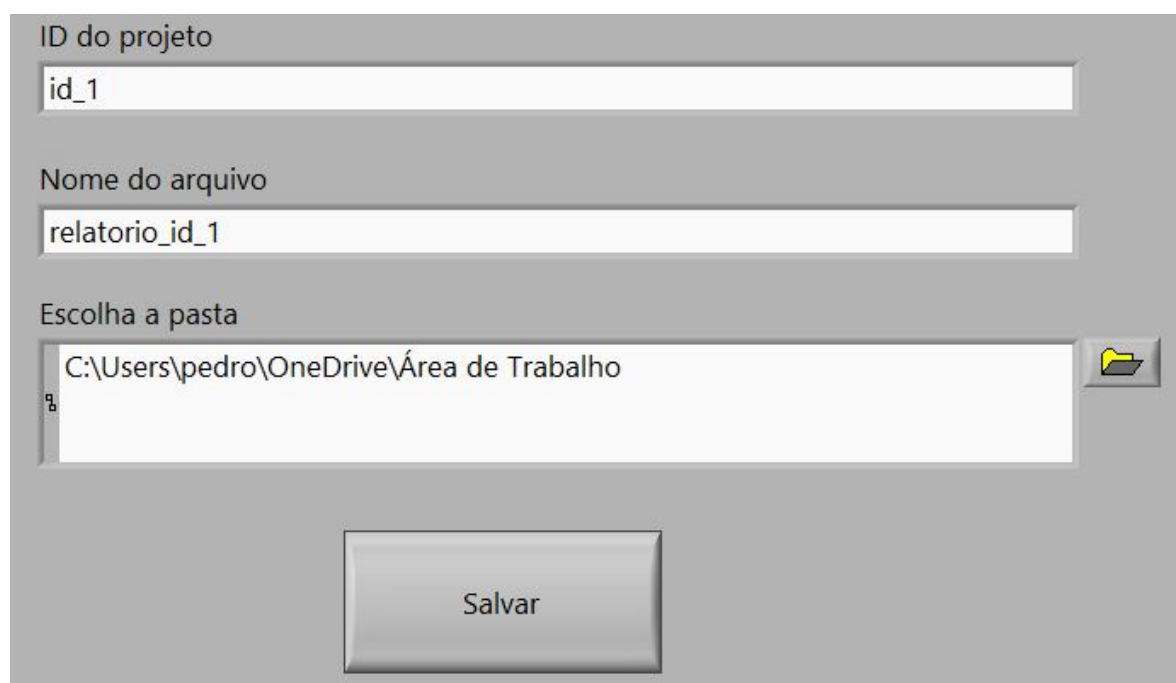
simulações

Selecione a pasta

C:\Users\pedro\OneDrive\Área de Trabalho

Gerar Arquivo Excel

Figura 74 – Gerador de relatório consolidado



ID do projeto

id_1

Nome do arquivo

relatorio_id_1

Escolha a pasta

C:\Users\pedro\OneDrive\Área de Trabalho

Salvar

Figura 75 – Gerador de relatório individual

5.9 PASSO 7: TESTES

Os testes realizados tiveram como objetivo principal checar a calibração. Para tal, foi utilizada uma célula de carga auxiliar, onde era possível verificar se os valores de carga apresentados no supervisório estavam corretos. Na figura abaixo, observa-se como foi a montagem de um dos experimentos:

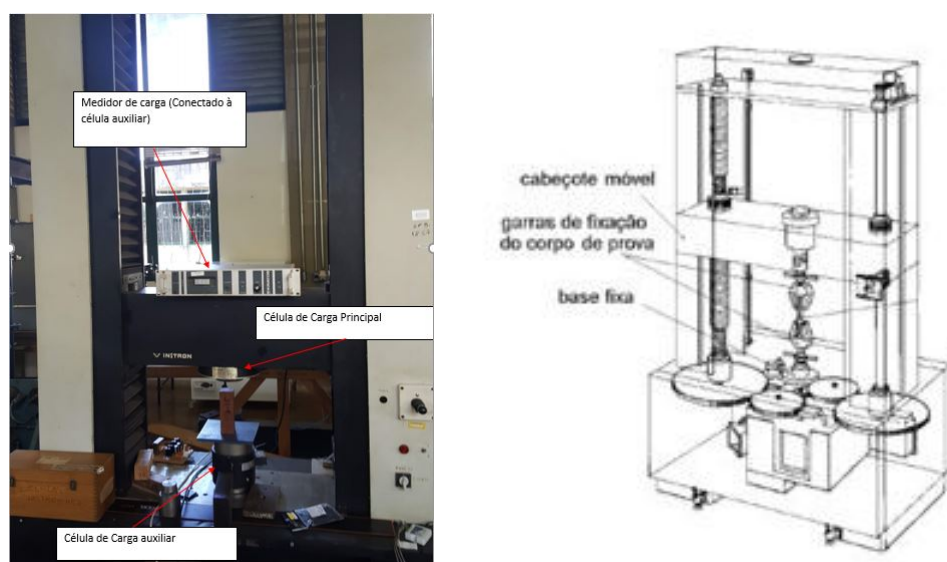


Figura 76 – Teste de calibração em compressão paralela

Os testes foram realizados para a célula de carga de 25 toneladas, utilizando a curva com os coeficientes $-22,153x^2 + 2140,8x + 22,235$, obtida de acordo com a figura 77 em ensaios de compressão paralela em duas amostras de pinus na condição seca e compressão perpendicular em uma amostra de cedro também na condição seca. Os ensaios foram realizados em uma frequência de amostragem de 3 amostras por segundo. Os resultados dos ensaios são exibidos abaixo:

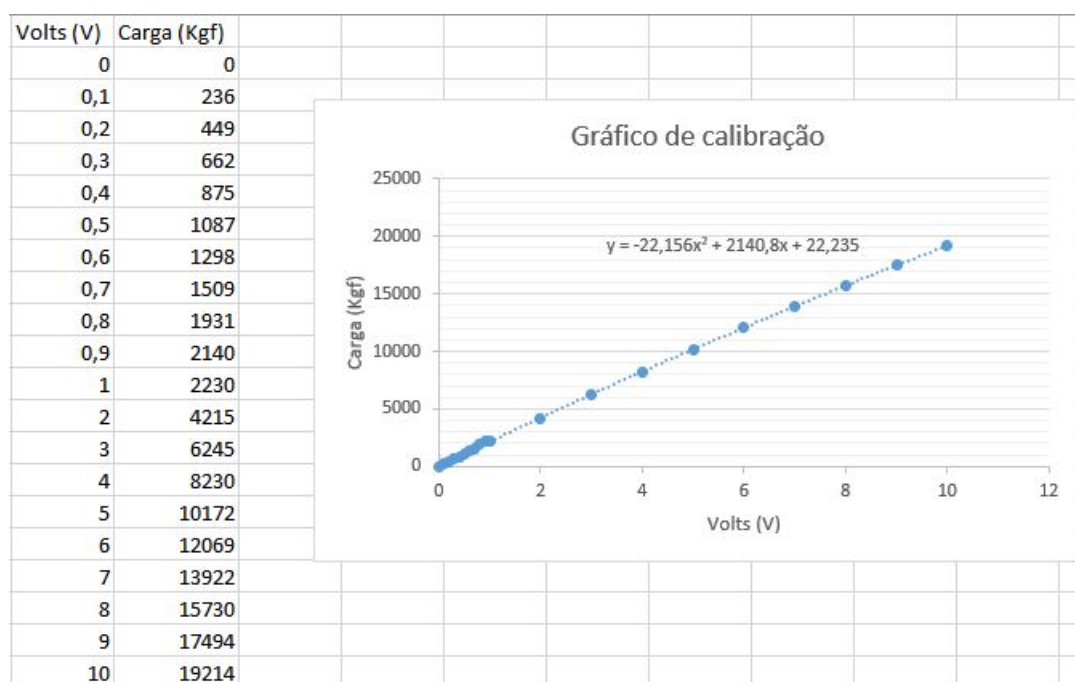


Figura 77 – Curva de calibração no excel

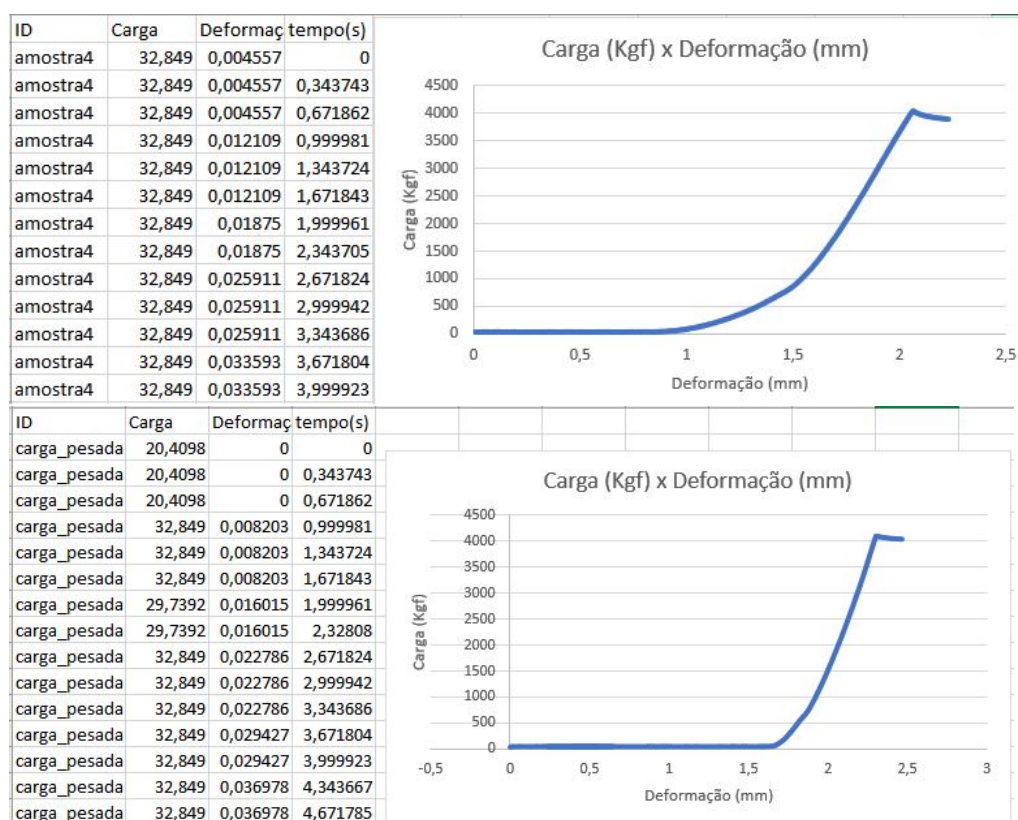


Figura 78 – Arquivo Excel dos testes de compressão paralela

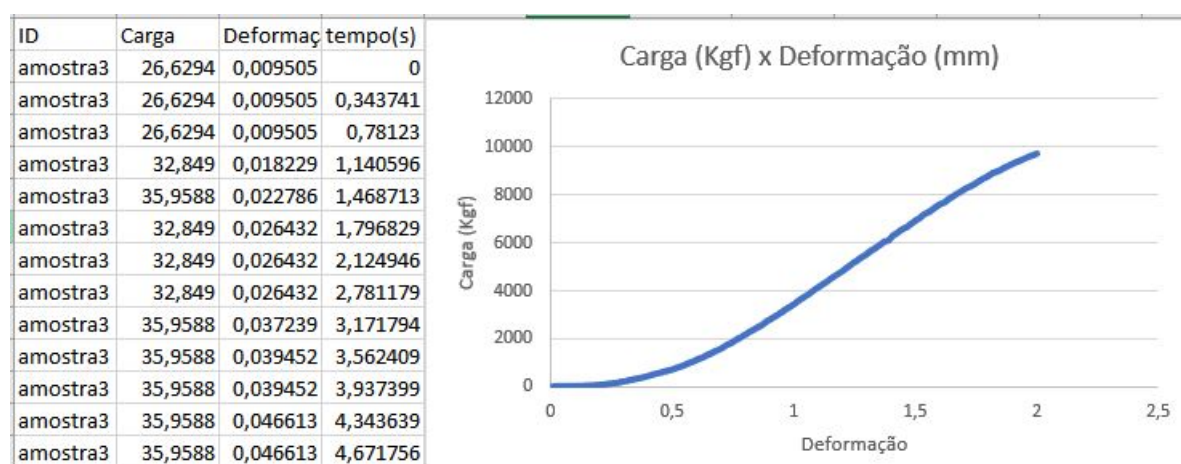


Figura 79 – Arquivo excel do teste de compressão perpendicular

5.10 TABELA DE COMPARAÇÃO

A tabela abaixo tem o objetivo de colocar lado a lado as funcionalidades do supervisor antigo e do atual para que o leitor tenha uma visão geral da evolução alcançada.

	Supervisório Antigo	Supervisório Atual
Comandos do motor	Manuais	Scripts
Visualização do ensaio	Indicadores	Indicadores e gráfico
Sistema de login	Não	Sim
Ambiente de calibração	Não	Sim
Cálculos via software	Não	Sim
Relatórios	Não	Sim
Segurança via software	Botão Stop (operador)	Limite da célula (automático)

Tabela 3 – Comparação entre supervisor atual e o software anterior

6 CONCLUSÃO

Em relação ao aprendizado, pode-se afirmar que a pesquisa e desenvolvimento do projeto ampliou o conhecimento e a experiência em áreas como elétrica e automação, da mesma forma que agregou um importante equipamento ao maquinário do LPF.

Este trabalho teve como objetivo geral a modernização da máquina Instron 1127, aproveitando os componentes elétricos disponibilizados pelo LPF, bem como os recursos de software para novamente torná-la útil para o dia a dia das pesquisas que envolvem ensaios mecânicos.

O sistema supervisorio projetado funcionou adequadamente em relação à integração com a parte eletrônica, na dinâmica da realização dos testes e sobretudo para realizar os cálculos e gerar os relatórios. As pequenas alterações feitas na parte eletrônica também funcionaram de acordo com o esperado proporcionando mais segurança ao equipamento.

Os testes que são realizados com velocidade constante possuem suporte pelo sistema, no entanto os que necessitam de uma aplicação de carga constante ainda não são possíveis de ser realizados, mais especificamente os testes mecânicos que utilizam a norma NBR- 7190 (NBR, 1997). Outra dificuldade do projeto foi implementar um instalador para que o supervisorio funcione em outras máquinas sem a necessidade de ter o software Lab-View instalado na máquina.

De maneira geral, a alternativa do retrofit para a Instron 1127 mostrou-se uma boa alternativa a longo prazo, pois neste processo há de se levar em conta o tempo que um projeto como este demora, ou seja, se a empresa não precisar contar com o equipamento de imediato, o retrofit pode ser a melhor alternativa em termos de custo benefício, pois realizando um processo bem sucedido pode-se atender todos os requisitos custando consideravelmente menos se comparado a uma máquina nova.

7 TRABALHOS FUTUROS

Com o encerramento deste trabalho, ficam as sugestões para trabalhos futuros:

- Implementação de uma malha de realimentação no supervisorio para o funcionamento dos Scripts de carga constante, pois a velocidade do motor terá que variar para manter a carga em um determinado valor constante.
- Montagem de um instalador para que o supervisorio funcione em outros computadores sem a necessidade da instalação do LabView.
- Calibração de outras células de carga.
- Realização de mais tipos de ensaios como teste de qualidade do produto.

Link dos códigos- fonte do supervisorio:

<<https://github.com/pedrobcbcr/Supervisorio-Instron-1127-Ibama>>



Figura 80 – Qr code de acesso ao código fonte

Referências

- ARRUDA, M. B. B. Como fazer referências: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. 2007. Disponível em: <<http://bu.ufsc.br/framerefer.html>>. Citado na página 21.
- BARSA. *Enciclopédia Barsa Universal*. [S.l.]: Barsa Planeta, 2010. v. 10. Citado 3 vezes nas páginas 26, 31 e 36.
- BLAKELEY, J. A. Universal data access with ole db. In: IEEE. *Proceedings IEEE COMPCON 97. Digest of Papers*. [S.l.], 1997. p. 2–7. Citado na página 20.
- BUKOWSKI, T. *Sistema supervisorio para monitoramento térmico de motores elétricos*. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019. Citado na página 14.
- CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. *Materials science and engineering*. [S.l.]: John wiley & sons NY, 2011. v. 5. Citado na página 31.
- C.J.DATE. *Introdução a Sistemas de Banco de dados*. [S.l.]: Campus, 2004. v. 1. Citado na página 19.
- C.M.FREITAS. *Protocolo Modbus: fundamentos e Aplicações*. 2014. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/protocolo-modbus/>>. Citado na página 21.
- CURY, J. E. R. Teoria de controle supervisorio de sistemas a eventos discretos. V *Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (Minicurso)*, p. 8, 2001. Citado na página 18.
- D.E.TEIXEIRA; M.RABELO. Software supervisorio para máquina universal de teste. *Engenharia da Madeira - LPF/SFB*, v. 1, n. 1, p. 1–9, 2016. Citado na página 23.
- DOMINGOS, F. et al. Estudo de viabilidade econômica do retrofit aplicado na máquina injetora plástica. 2019. Citado 4 vezes nas páginas 17, 18, 37 e 38.
- GRAMS, C. A.; CETNAROWSKI, E. *Retrofit em máquinas industriais: estudo de caso*. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 37.
- HARRIS, D.; HARRIS, S. *Projeto Digital e Arquitetura de Computadores*. [S.l.]: Imagination, 2013. v. 1. Citado na página 19.
- JURIZATO, L. A.; PEREIRA, P. S. R. et al. Sistemas supervisorios. *Nova odessa, network Technologies*, v. 1, p. 2, 2003. Citado na página 18.
- LIMA, A. D. et al. Atualização de hardware e software de um robô industrial. In: *Congresso Brasileiro de Automática*. [S.l.: s.n.], 2010. v. 18, p. 4403–4410. Citado na página 37.
- MACIEL, P. R.; LINS, R. D.; CUNHA, P. R. *Introdução às redes de Petri e aplicações*. [S.l.]: UNICAMP-Instituto de Computacao, 1996. Citado na página 22.

NATIONAL, I. *Usando uma arquitetura de máquina de estados*. 2014. Disponível em: <<http://www.ni.com/product-documentation/2926/pt.>> Citado na página 18.

NBR, A. 7190-projeto de estruturas de madeira. *Rio de Janeiro*, 1997. Citado na página 75.

NETO, A. *Sincronização e comunicação entre processos*. 2016. Disponível em: <<https://www.ime.usp.br/~adao/SCEP.pdf>>. Citado na página 22.

PFEIL, W.; PFEIL, M. *Estruturas de madeira: dimensionamento segundo as normas brasileiras NB-11 e os modernos critérios da normas alemãs e americanas*. [S.l.]: LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 1984. Citado 6 vezes nas páginas 24, 26, 28, 30, 31 e 34.

QUEIROZ, M. H. d. et al. *Controle supervisorio modular e multitarefa de sistemas compostos*. Florianópolis, SC, 2004. Citado na página 18.

R.C.BETINI. *SEMANA 12 - PROTOCOLOS INDUSTRIAIS E PREDIAIS*. 2014. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/337369/>>. Citado na página 20.

SANTOS, A. G. N. R.; SALUME, P. K.; FREITAS, L. S. de. Restauração e modernização de equipamentos industriais: um estudo de caso sob a perspectiva de gestão de projeto em parada de manutenção. *Revista Gestão & Tecnologia*, v. 19, n. 4, p. 214–238, 2019. Citado na página 37.

SILVA, A. P. G. D.; SALVADOR, M. O que são sistemas supervisórios? *São Paulo*, 2005. Citado na página 14.

SOUZA, R. B. d. *Uma arquitetura para sistemas supervisórios industriais e sua aplicação em processos de elevação artificial de petróleo*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005. Citado na página 39.

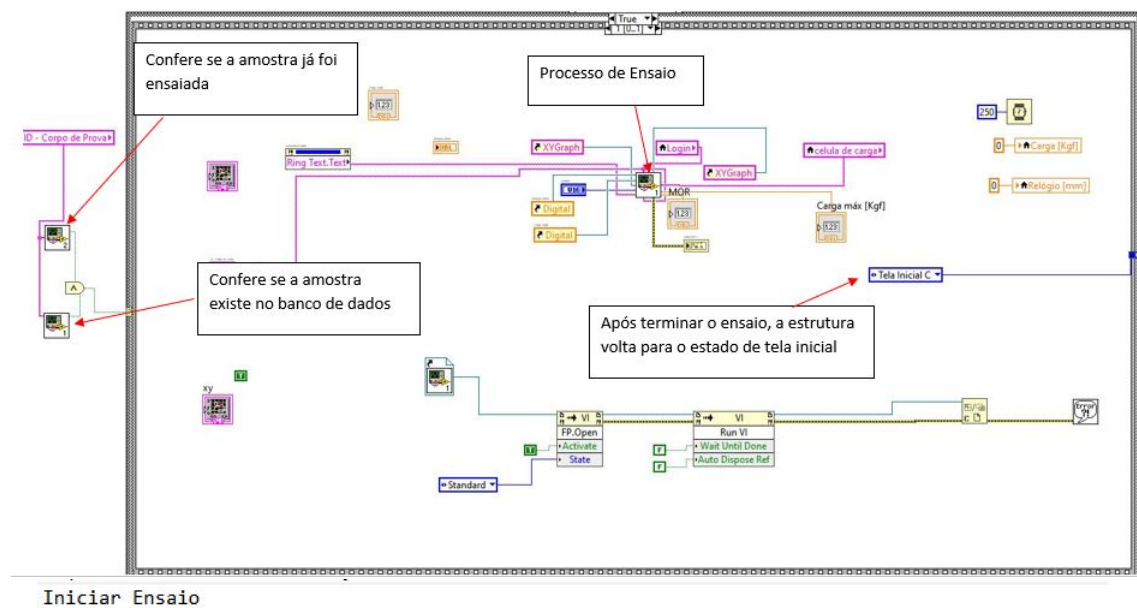
ZANCAN, M. D. *Controladores programáveis*. 2016. Citado na página 18.

Anexos

ANEXO A – Estruturas de Programação

Neste anexo serão exibidas estruturas de programação presentes na seção 5.6 juntamente com pseudocódigos para ajudar a compreensão das estruturas.

A.1 Tela principal - estado de iniciar ensaio



```

Função Confere_amostra_existe() * se a amostra existir no banco de dados, retorna verdadeiro*
Função Confere_já_ensaiou() *se a amostra ainda não tiver sido ensaiada, retorna verdadeiro*
Função Processo_de_ensaio();

```

Início

```

Confere_amostra_existe()
Confere_já_ensaiou()

```

```

se (Confere_amostra_existe() && Confere_já_ensaiou() = true ){

```

```

  Processo_de_ensaio();

```

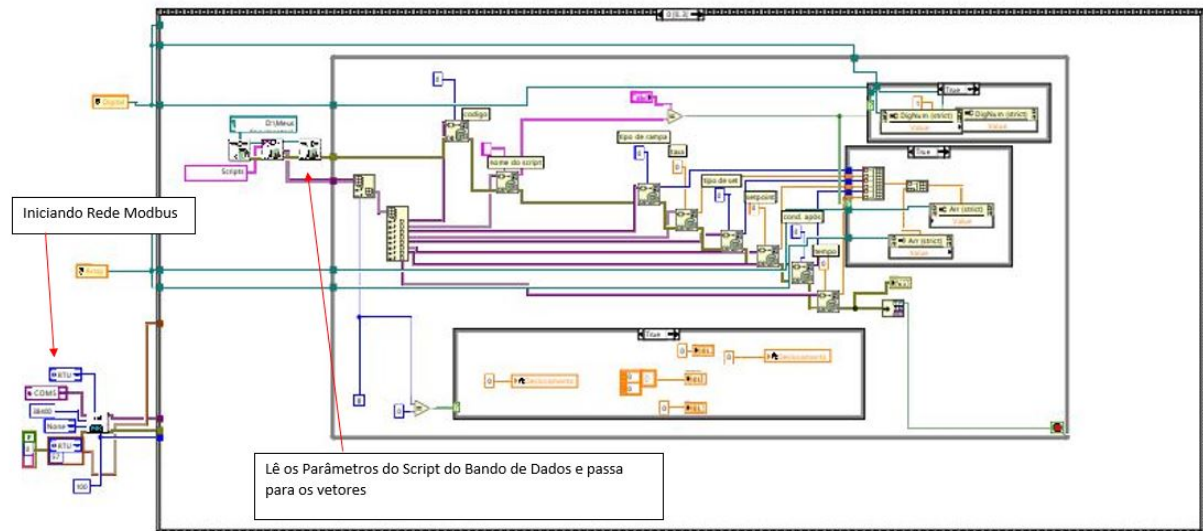
```

}
FIM

```

Figura 81 – Tela principal - estado de ensaio

A.2 Processo de Ensaio



Início processo de ensaio parte 1:

Variáveis:

```
nomes nome_script,nome_amostra ;
booleanos tipo_rampa, tipo_setpoint, cond_após_set;
reais taxa_rampa, setpoint, tempo;
vetor array[0...6];
arquivo tabela_scripts_bd; *tabela scripts do banco de dados*
```

Início:

```
leia(tabela_scripts_bd);
enquanto(não terminar o arquivo){

    se(nome_script = nome_amostra){ *serve para pegar o script da amostra certa no BD*

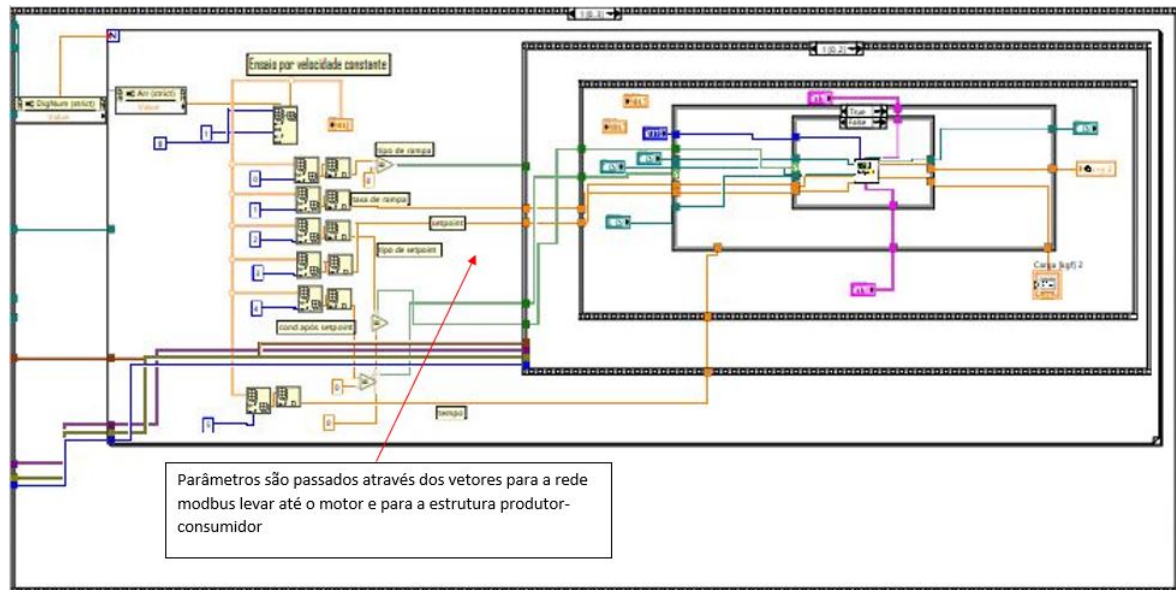
        array[0] <= nome_script; *Lê os parâmetros do banco de dados*
        array[1] <= tipo_rampa;
        array[2] <= taxa_rampa;
        array[3] <= tipo_de_set;
        array[4] <= setpoint;
        array[5] <= cond_após_set;
        array[6] <= tempo;

    }

}

FIM
```

Figura 82 – Processo de ensaio parte 1



Início processo de ensaio parte 2

Variáveis:

vetor array[6];

inteiros i;

função prod_cons_estabilizar(nome_amostra; taxa_rampa; setpoint; tempo);

função prod_cons_set_carga(nome_amostra; taxa_rampa; setpoint; tempo);

função prod_cons_set_deslocamento(nome_amostra; taxa_rampa; setpoint; tempo);

função liga_motor();

função desliga_motor();

Início:

para (i = 0 até i=6 faça i++){ *no labview, a cada iteração uma posição do vetor é lida*

liga_motor()

se(array[1] = verdadeiro){ *tipo de rampa armazenado no array[1]*

ensaio de variação de carga constante (não implementado ainda)

}se não{

se(array[3]= verdadeiro){*tipo de setpoint*

se(array[5] = verdadeiro){*condição após setpoint*

prod_cons_estabilizar();

}se não{

prod_cons_set_carga();

}

}se não{

prod_cons_set_deslocamento();

}

}

}

desliga_motor()

FIM

Figura 83 – Processo de ensaio parte 2

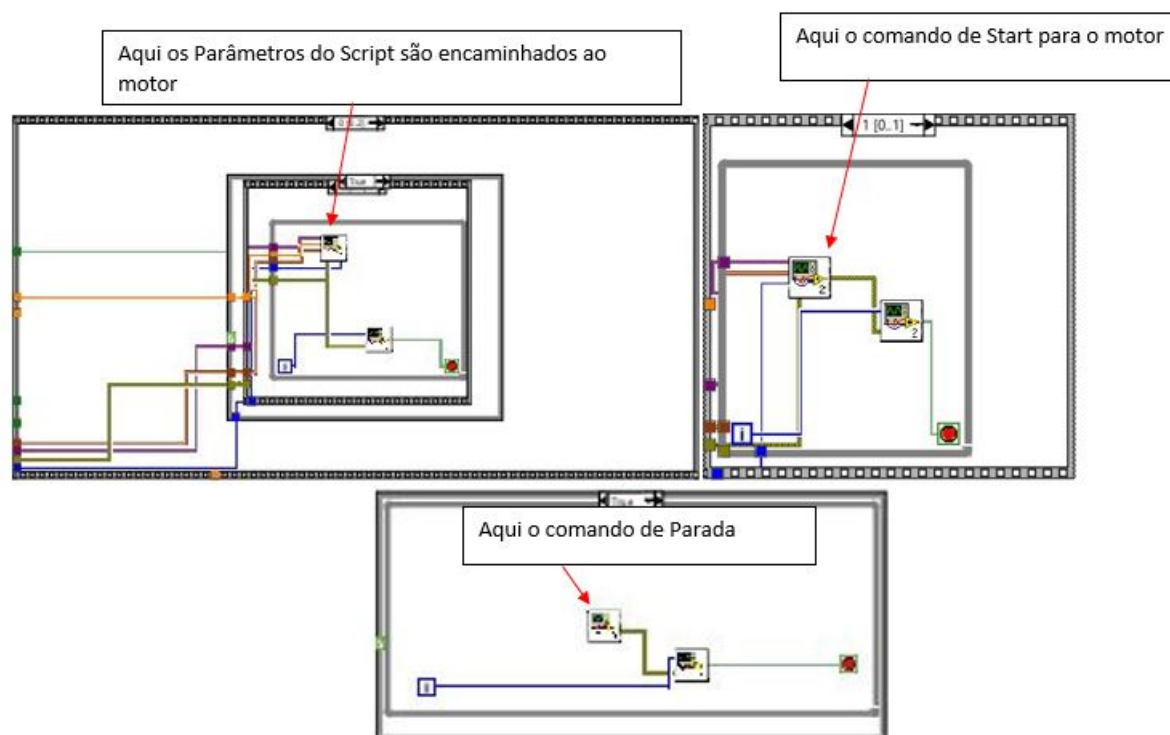


Figura 84 – Vi's de comando do motor

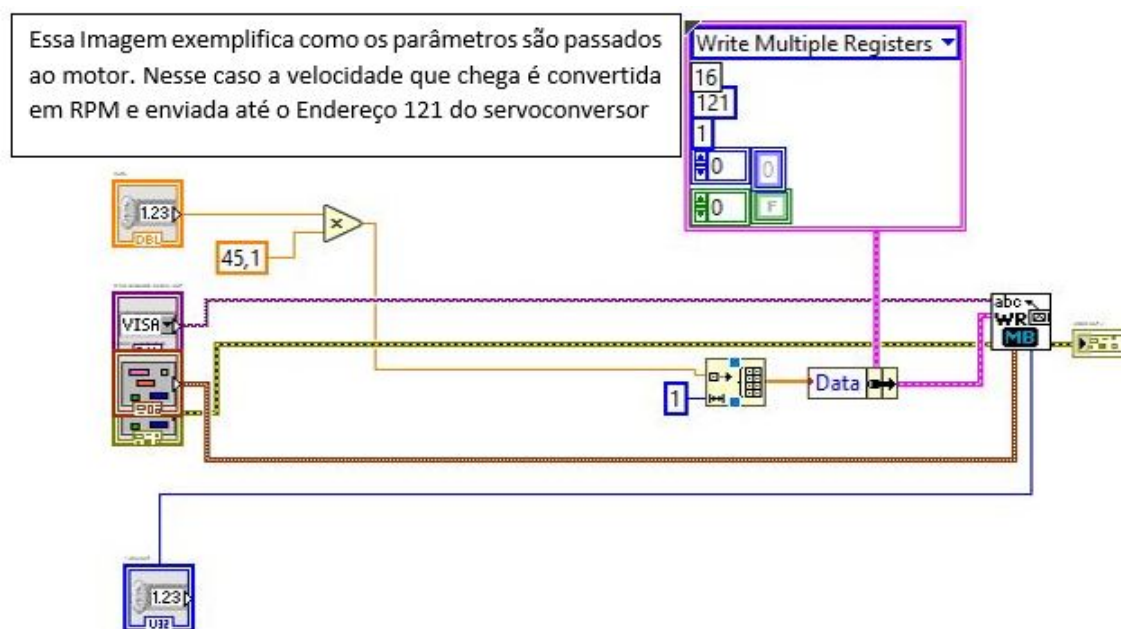
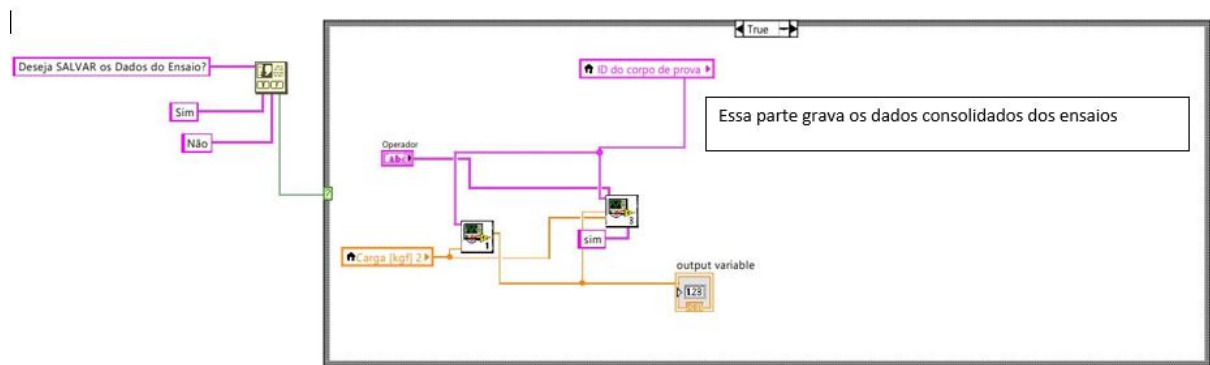


Figura 85 – Exemplo de comando do motor



Início processo de ensaio parte 3

Variáveis:

booleano salvar;
função escrever_bd();

Início:

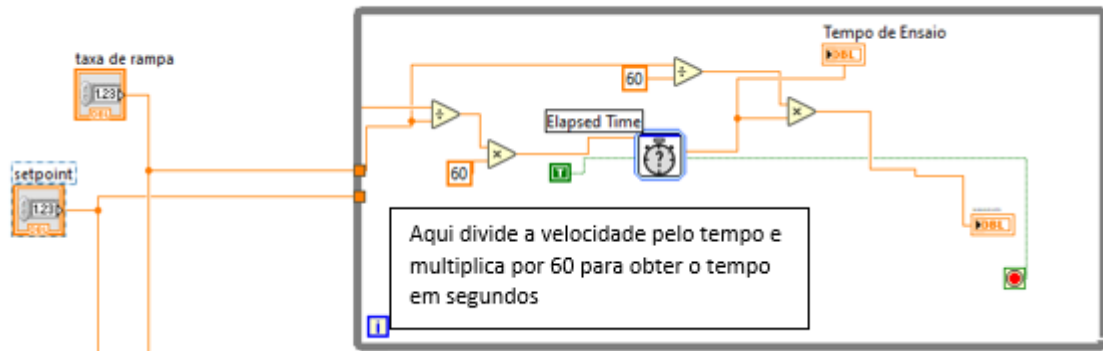
```

se(salvar = verdadeiro){
    escrever_bd(); *neste momento os dados são salvos na tabela de ensaio
}se não{
    FIM
}
FIM
  
```

Figura 86 – Processo de ensaio parte 3

A.3 Estrutura Produtor- Consumidor

A.3.1 Setpoints



Início - setpoint de deslocamento

Variáveis:

```
real taxa_rampa;           *velocidade em mm/min*
real setpoint;             * valor do deslocamento em mm*
real setpoint_tempo;       *deve-se obter o tempo para impor uma condição de
                           parada para os loops*
```

```
real tempo;
função contador_de_tempo(); *função que irá cronometrar o tempo*
booleano stop;
```

Início:

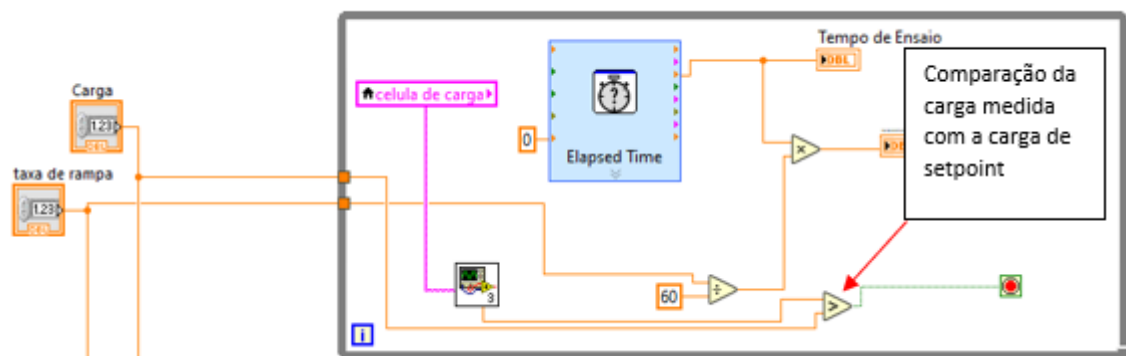
```
enquanto(stop = falso){
  contador_de_tempo();
  tempo <= tempo.contador_de_tempo()           *a variável tempo recebe o tempo que a função conta*

  setpoint_tempo = (setpoint/taxa_de_rampa*60) *a velocidade é medida em mm/min,
                                                por isso multiplica por 60*

  se(tempo >= setpoint_tempo){
    stop = true; *ensaio termina*
  }
}
```

FIM

Figura 87 – Setpoint de tempo



Início- Setpoint de carga

Variáveis:
 real taxa_rampa; *velocidade em mm/min*
 real setpoint_carga;
 real carga;
 função leitura_de_parâmetros();
 booleano stop;

Início:

```
enquanto(stop = false){
  leitura_de_parâmetros();
  carga <= carga.leitura_de_parâmetros(); * a variável carga recebe a carga lida pela função*
```

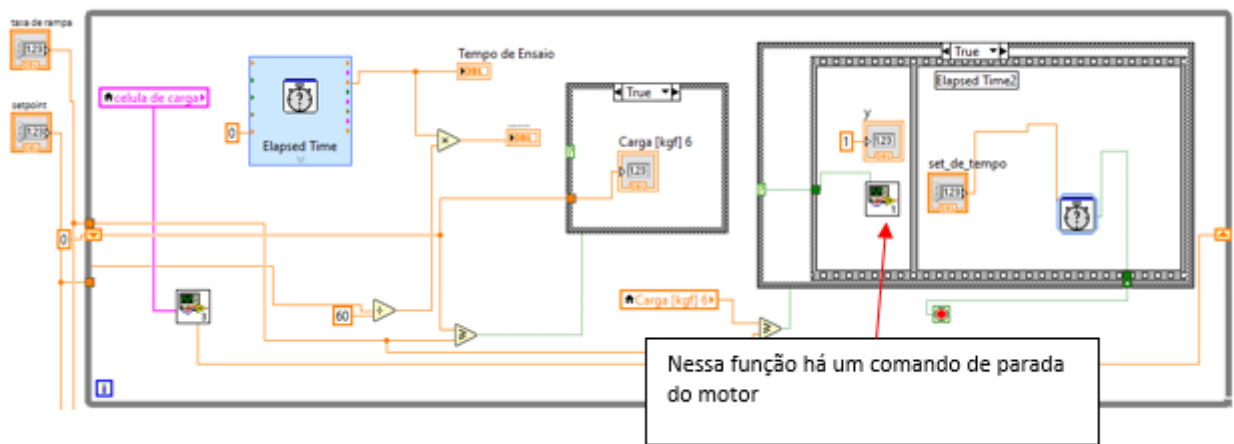
```
    se(carga >= setpoint){
```

```
      stop = true;*encerra o ensaio*
    }
```

```
}
```

FIM

Figura 88 – Setpoint de carga



Início- carga estabilizada após setpoint

Variáveis:

```
real taxa_rampa; *velocidade em mm/min*
real setpoint_carga;
real setpoint_tempo;
real carga;
real tempo;
função leitura_de_parâmetros();
função contador_de_tempo();
função para_motor();
booleano stop;
```

Início:

```
enquanto(stop = false){
  carga<= carga.leitura_de_parâmetros();

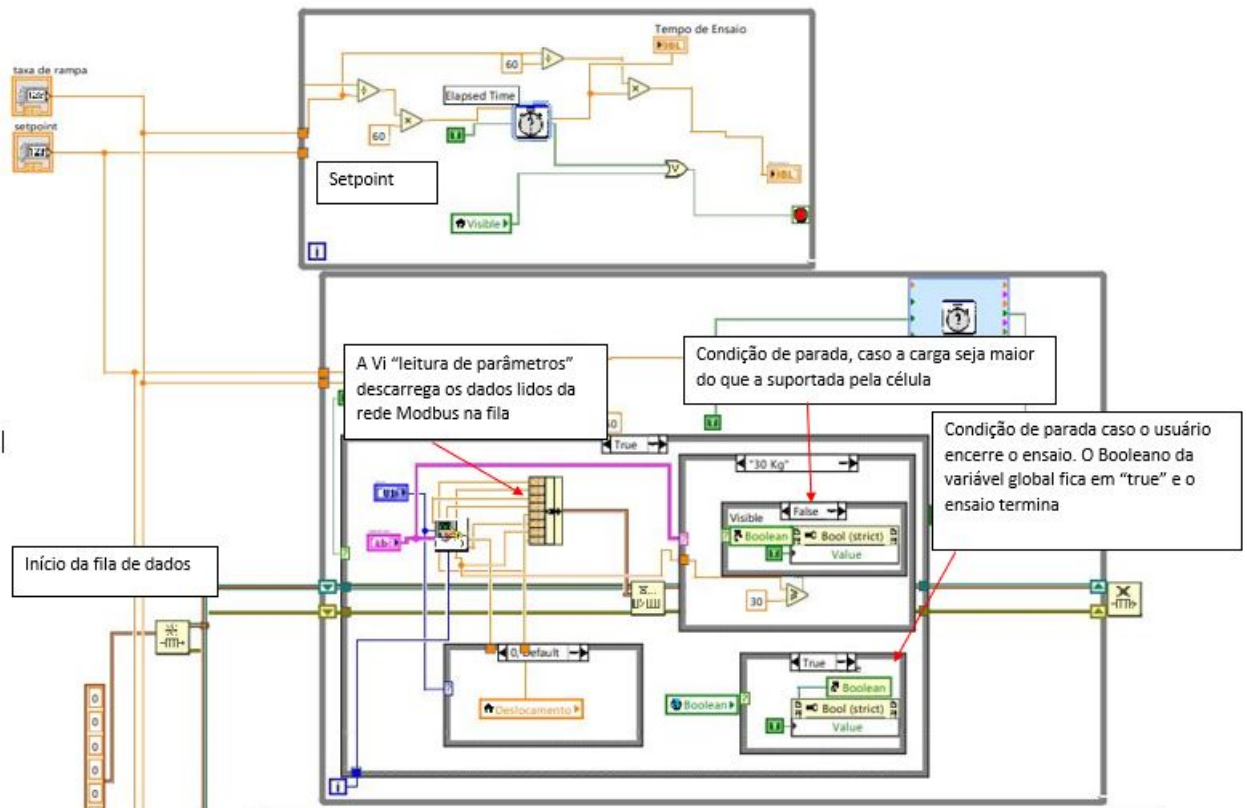
  se(carga = setpoint){
    para_motor();
    contador_de_tempo();*nesse caso o tempo só começa a ser contado
                        após atingir o setpoint de carga*
    tempo <= tempo.contador_de_tempo()

    se(tempo >= setpoint_tempo){
      stop=true;
    }
  }
}
```

FIM

Figura 89 – Setpoint de carga estabilizada

A.3.2 Estrutura completa



Início_produtores

```
função leitura_de_parâmetros(carga_kgf,deslocamento_mm...);
função contador_de_tempo();
real taxa_rampa;
real tempo;
real setpoint;
fila fila[N];
inteiro limite_célula;
inteiro i;
boolean user_stop;
boolean stop;
```

Início:

```
enquanto(stop = falso){
  contador_de_tempo(); *o tempo começa a ser contado*

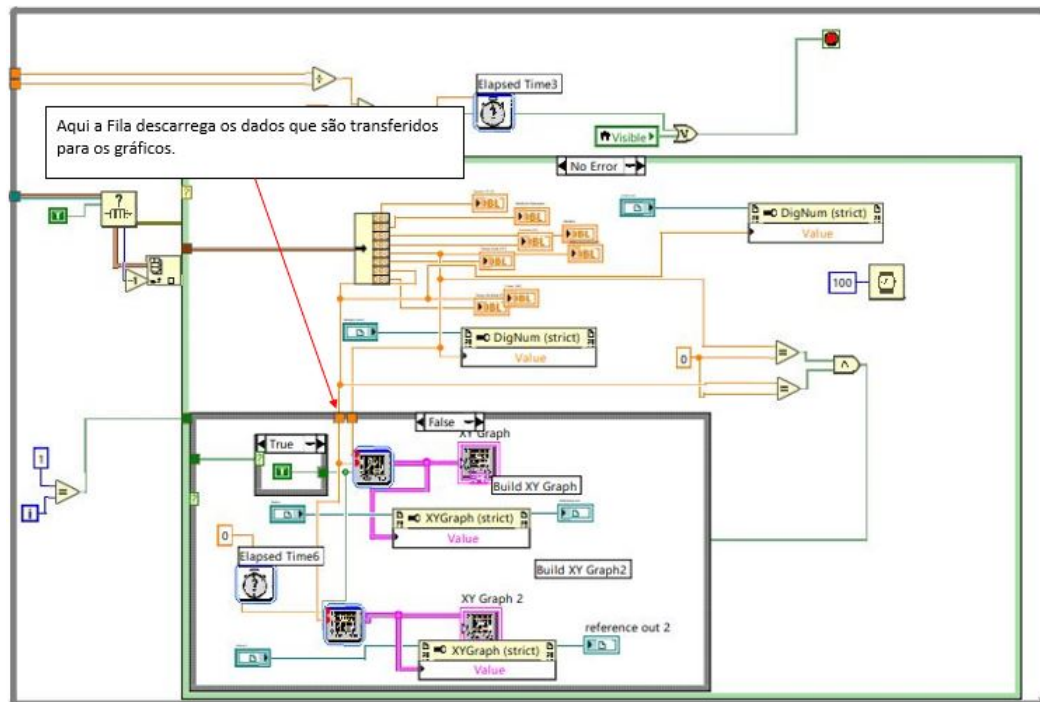
  fila[i] <= leitura_de_parâmetros() * a fila recebe os dados da leitura de parâmetros *

  se(carga_kgf >= limite ou user_stop = true){
    stop = true; *loop para*
  }se(tempo.contador_de_tempo() = setpoint){
    stop = true;
  }

  i++;
}
```

FIM

Figura 90 – Produtor



Início consumidor gráfico

Variáveis:

```

fila fila[N];
função gera_gráfico();
função contador_de_tempo();
inteiro i;
inteiro limite_célula; |
boolean user_stop; *0 usuário pode encerrar o ensaio*
boolean stop;

```

Início:

```

enquanto(stop = falso){

contador_de_tempo(); *o tempo começa a ser contado*

gera_gráfico() <= fila[i] *o gráfico recebe os dados da fila*

    se(carga_kgf >= limite ou user_stop = true){
        stop = true; *loop para*
    }se(tempo.contador_de_tempo() = setpoint){
        stop = true;
    }

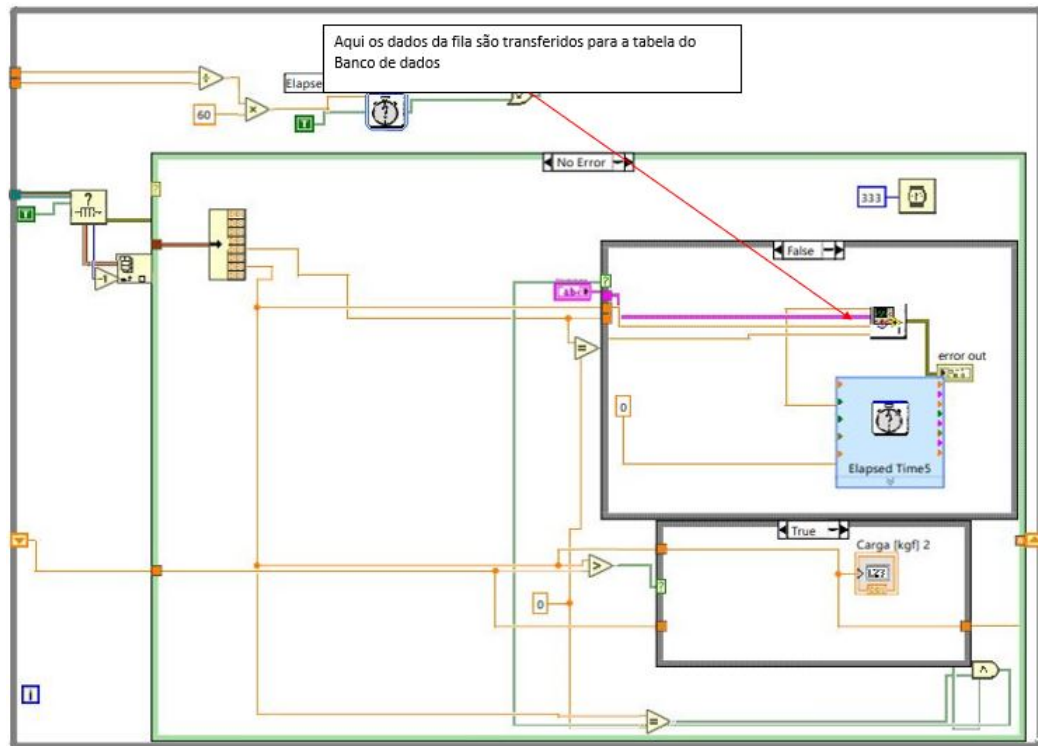
i++;

}

FIM

```

Figura 91 – Consumidor 1



Início consumidor grava banco de dados

Variáveis:

```
função grava_bd();
função contador_de_tempo();
real setpoint;
fila fila[N];
inteiro limite_célula;
inteiro i;
boolean user_stop;
boolean stop;
```

Início:

```
enquanto(stop = falso){
  contador_de_tempo(); *o tempo começa a ser contado*

  gravar_bd() <= fila[i]; *dados da fila vão para o banco de dados*

  se(carga_kgf >= limite ou user_stop = true){
    stop = true; *loop para*
  }se(tempo.contador_de_tempo() = setpoint){
    stop = true;
  }

  i++;
}

FIM
```

Figura 92 – Consumidor 2